

2023年度版 衛星通信

小西 博

e-mail: h.konishi@matsuura-kikai.jp

TEL 080-6284-5986

株式会社 松浦機械製作所

本社 〒770-0004 徳島市南田宮 2-5-62

TEL 088-632-1056

<https://matsuura-kikai.co.jp/>

東京サテライトオフィス

〒192-0046 八王子市明神町 1-22-8

第 13 宮田ビル 504

TEL 080-6284-5986

目 次

序	1
ブロードバンド.....	4
テレコムさん、2003 年の変	21
難視聴対策とデジタルデバイド	24
CS110 度衛星.....	30
4K／8K と CS110 度衛星	38
『日本版 FCC』	41
『ICT 防災・2013 年の変』.....	44
LEO(低軌道周回衛星).....	51
ICT 防災(その2).....	58
Siklu 社・RADWIN 社の高速無線 LAN	63
地デジの跡地	65
衛星の基礎	68
衛星の軌道	68
アンテナ	76
周波数	82
偏波	85
帯域幅	88
変調方式	89
FEC(誤り訂正)	91
マルチキャリアとパワー(バックオフ)	92
一斉同報.....	95
携帯電話の衛星バックボーン	99
キャリア・イン・キャリア	100
TPC.....	102
自動追尾.....	103
<ステップトラック>	103
<プログラムトラック>	104
<モノパルス・トラック>	105

序

この冊子は 1993 年にスタートして、今年で 30 年目です。

昨年度版でもうおしまい・・・と思っていたのですが、知り合いから、『もう 1 年がんばれ。これまでを振り返れば何か書けるだろう』と言われ、これまでの版を読み返してみました。

そんなことで、過去の集大成で、これが 30 年目の、本当の最終版です。

以前からの読者はご存じでしょうが、ミサイルで知られる『J アラート』は、私と消防庁の方が開発したものです。

平成 16 年、2004 年に、LASCOM、即ち自治体衛星通信機構や三菱電機の協力を得て、高知県芸西村で、防災行政無線のトランペット・スピーカを、衛星経由で、緊急地震速報の警報を鳴らしたのが、J アラートの初めての出来事でした。

これに、『全国瞬時警報システム』という名がつけられ、更に、麻生総務大臣の時に J アラートという愛称が付けられて、現在に至っています。

その時の消防庁の方は、消防研究所の技術開発部長として現役です。

その方から、この 2 月、久しぶりにメールが入ってきました。

『スターリンクがウクライナで使われているのは聞いているが、実際の使い勝手はどうなのだろうか。日本の防災で使えるものか。』

ということでした。

また、同じ 2 月に、松浦機械の松浦社長が、徳島県牟岐市と協力した防災訓練に、スターリンク端末と IP スターの端末を用いた実験を行っていました。

これは、社長が牟岐町の鬼ガ岩に温泉を所有し、更にスターリンクの端末をいち早く入手していたことから、実現したことです。

消防研究所の部長には、松浦社長と、直接電話するように連絡し、そして、話したようです。

その内容は詳しくは聞いていませんが、社長の防災訓練での感想を聞けば、想像できます。

その感想は、次のようなことでした。

『スターリンクは、設置も簡単で、衛星接続にかかる時間も短い、更にスループットも高い。使い勝手は最高だ。衛星通信はもとより、通信業界の大きなゲームチェンジャーだ。』

この衛星通信の冊子も『お役御免』と引導を渡された感じです。

社長の使ったのはスターリンクの直販バージョンで、安価な端末でした。

ところが、東京都庁がスターリンクを使うという記事が 2 月 26 日の記事が出ていて、それを見るとびっくりです。

都庁は 2 億円の予算を準備するとのことでした。

直販バージョンとは異なる、KDDI の Business バージョンを使うとのことですが、2 億円とは、日本の仕組みが如何になっているのか、首をひねるばかりです。

同じ 2 月に、この冊子の初めからの読者、野村総研の方から、2 月で退社の連絡を受けました。ワン・ジェネレーションを辞書で引くと『30 年』がでてきます。

そろそろ、世代交代の時なのだろうと感じています。

さて、30 年度版ですが、初版から一貫して書いてきたのがブロードバンドです。

今考えるとおかしいことなのですが、初版の当時は、衛星がブロードバンドの最先端だったのです。

そこから書きはじめ、あっちに脱線し、こっちに脱線しながら書き進めました。

はじめはつまらないかもしれませんが、読み進めていただくと、面白い脱線が出てくるかもしれません。

最新の情報を求めておられた読者にはつまらない内容かもしれませんが、歴史小説でも読むつもりで読み進めてください。

最近話題の低軌道周回衛星の LEO について、私の持つ新しい情報を記しますが、皆さんの方がもっと詳しいのではないかと思います。

後半の『衛星の基礎』は昨年度と同じで、文系の方を想定した稚拙な内容です。

これに物足りなさを感じる方により資料があります。

A2A 研究所の田代所長が著した『(続)衛星通信のしくみ』で、『新時代の衛星通信など』という副

題がついています。

次の URL でダウンロードしてください。

http://www.a2a.jp/resources/Satcom_next.pdf

更に衛星の基礎に興味のある方のために『衛星のしくみ』があり、『衛星打ち上げから回線運用まで、A2A』で検索すると、82 ページの大作があらわれます。

ここに紹介させていただくことに、田代所長の了解を取っております。

ところで、田代所長から連絡があり、A2A 研究所を 1 月に解散したとのことです。

これも世代交代なのでしょう。

3 月 7 日には、H3 ロケット失敗が報告されました。

日本の宇宙開発に暗雲が垂れ込みました。

本書の店じまいの時に合わせたような世の中の流れでした。

ブロードバンド

本書は『衛星通信』なのに、なんでブロードバンドなのが・・・と思われるだろうが、1990 年代の地上ネットは、せいぜい ISDN の 64kbps だった。

その一方で、衛星は当時でもメガビットが可能なブロードバンドメディアと言えた。

本書では、衛星と地上の双方でブロードバンド全般を取り上げてきたので、それに沿って進める。

本書がスタートした翌年の 1994 年に米国のクリントン大統領が『情報スーパー・ハイウェイ構想』を提唱した。

これを英語で『National Information Infrastructure』、略して NII といった。

その頃からブロードバンドという用語が世界に広まり始めた。

日本では、8 年遅れて、2002 年の流行語大賞に『ブロードバンド』がノミネートされている。

また、NII から 4 年後の 1997 年にゴア副大統領が GII、『グローバル情報ハイウェイ』を提唱し、折から加熱状態だった第 1 次衛星インターネット・フィーバーを後押しした。

この衛星インターネット・フィーバーでは、静止衛星の High Thruput Satellite や、低軌道周回衛星の LEO による多くのプロジェクトが沸き上がったが、それぞれ、尻切れトンボとなった。

この GII の研究は NGN (New Generation Network)として、現在に引き継がれている。

さて、NII の目指すところは、映画などの映像をネットで楽しめるようにすることで、今では当たり前のビデオ・オン・デマンド(VOD)を実現することだった。

現在では、多くの IP マルチキャストの『放送』が家庭向けの放送として普及しているが、それはブロードバンドとは呼ばず、ブロードキャストだと一般的には認識されている。

本当のブロードバンドは双方向で、その代表は VOD だ。

1990 年代でブロードバンド(VOD)を達成できるメディアには CATV があり、NII では、その CATV を双方向化することをまず推進した。

また、当時開発された ADSL で、電話線(メタル)を使う方式も同時に発展した。

それについては後述する。

既述のように NII はエスカレートし、グローバル情報ハイウェイ GII (Global Information Infrastructuer) となった。

その GII に呼応して、多くの『グローバル高速衛星インターネット計画』が雨後の竹の子のように出現していった。

第 1 次衛星インターネット・フィーバーだ。

既述のように、静止衛星の HTS のアストロリンクもあったが、フィーバーの多くが LEO (低軌道周回衛星) の計画だった。

マイクロソフトのビルゲイツ氏が立ち上げたテレデシック計画や、モトローラのセレストリ計画などがその代表で、それらを合わせた LEO 衛星の構想機数は 1000 機を軽く超えていた。

現在のスターリンクを含めた各社の LEO 計画を思えば、可愛いものだが、1995 年の感覚では恐るべき構想だった。

当時の LEO フィーバーはすさまじいもので、プロジェクトの数だけは、現在の第 2 次 LEO フィーバーを超えていたかもしれない。

まず、ブロードバンドの前提条件であった Ka バンドの提案が満杯になり、V バンドのプロジェクトまでが目白押しだった。

当時、それらのオーナーは、資金集めのため、日本にまで出張してきた。

それに対して資金を提供した日本企業も複数あった。

これら、1995 年から 1998 年の第 1 次 LEO フィーバーだが、衛星製作技術の未熟さ、そして衛星の打上コストなどの理由で、次々と消滅してしまった。

ここで NII に戻る。

米国では VOD (ビデオ・オン・デマンド) を目指す媒体としては、まずは CATV で『同軸ケーブル + ファイバー』のハイブリッド化が進められた。

このハイブリッド化の動きを米国ではブロードバンド化と呼び始めた。

これが『ブロードバンド』の用語のスタートだったと言える。

その一方で、電話会社が CATV に対抗して、ADSL、即ち電話線による VOD のサービスの免許を取得して、実験を開始した。

これを『ビデオ・ダイヤル・トーン』と呼んだ。

1994 年当時、CATV 会社や電話会社が盛んに VOD に向け投資した。

しかし、VOD には、インフラへの投資や、大型のビデオサーバなど、予想を上回る巨大な費用がかかることが分かってきた。

その一方で、顧客のニーズがはっきりとはつかめなかった。

『売る側だけが踊っているのではないだろうか？』

という疑心暗鬼に陥った。

そんなことで、ビジネスプランが確立できず、VOD は頓挫していった。

こうしてブロードバンドは一旦忘れ去られて潜行した。

再度目覚めたのが 1998 年のマイクロソフトの WebTV あたりだ。

そして、2000 年の NAB では『ブロードキャストからブロードバンドへ』のお祭り騒ぎになった。

こうして米国の CATV は、VDSL などを採用し、再度 VOD にまい進することになる。

一方、米国の電話線での ADSL は普及がなかなか進まず、シンガポールや韓国よりずっと遅れることになった。

CATV にせよ、電話線の ADSL にせよ、そのバックボーンは未熟だった。

それを担ったのが衛星で、HITS が展開された。

HITS は Head-end In The Sky の略で、衛星が、CATV や電話局のフロントエンドに映像などのコンテンツを配信した。

即ち、バックボーンを衛星でスキップする手段だ。

日本でも宇宙通信の I-HITS や、JSAT の JC-HITS が設立され、CATV のフロントエンドへ映

像コンテンツの配信を担った。

この仕組みを地上ネットで世界的に展開したのが『アカマイ』で、それについては後述する。

さて、日本のブロードバンドだが、CATV は財政の問題から、はなから無理とあきらめられた。

また、郵政省や NTT は、ファイバーに固執しており、ADSL もなかなか進まなかった。

そんな中、1999 年に『東京めたりっく通信』が ADSL の試験サービスを開始した。

しかし、ISDN に未練を持つ NTT のプレッシャーがあって、日本の ADSL はもたもたしていた。

そうこうしているうちに、シンガポールや韓国が大々的に ADSL を普及させた。

それらの国に先を越され、日本は『IT 後進国』と呼ばれるに至った。

そこで総務省が慌てて NTT にハッパをかけたのが 2001 年だった。

そして、NTT 自身が ADSL 普及策に転じ、日本国中に ADSL を普及させることになった。

それからの動きは後述するが、日本のブロードバンドの夜明けは、まずは衛星だった。

1997 年以降、次のような衛星ブロードバンド・サービスがスタートした。

- ・ディレク PC : 三菱グループ、スーパーバードを使用。
- ・ダイレクト・インターネット : 日立電線、日本テレコム、PanAmSat を使用。
- ・スターストリーム : 日本サテライト・システムズ(現スカパーJSAT)
- ・メガウェーブ : NTT サテライト・コミュニケーションズ

この中で、メガウェーブだけが一般を対象とした B2C だった。

他の全ては、企業を対象とした B2B であった。

メガウェーブは NTT サテライト・コミュニケーションズのサービスで、このサービスには、NTT の他、JSAT、ソニー、ソフトバンク、マイクロソフト、CTC などが出資した。

メガウェーブは画期的な B2C の衛星インターネットだったのだが、静止衛星の回線容量が絶対的に足りず、2000 年の 9 月にサービスを中止した。

中止に至った理由は、数人のヘビーユーザーがメガビット回線に食いついたまま離さず、トラポンを占有してしまったことだった。

当時は、海外でも衛星インターネットの流れが起こりかけた。

…と言っても『LEO フィーバー』のことではない。

『第 1 次 LEO フィーバー』は 2000 年以前に終息している。

そうではなく、衛星多チャンネル放送会社が『衛星インターネット・サービス』を仕掛けようとした。

則ち、ヨーロッパの B Sky B や米国のエコスターなど、衛星多チャンネル放送を手掛けている各社が、各国で衛星インターネット事業を展開すると公表した。

しかし、地上で ADSL が急速に普及している実態をみて、これらの構想は、そのうちに消えてしまった。

ここでまた日本のブロードバンドに戻るのだが、結局は衛星につながって行く。

韓国などから『ブロードバンド後進国』と言われた政府は、2000 年に IT 戦略本部を発足させて、『e-Japan 戦略』のロードマップを発表した。

そのロードマップは、次のようになっていた。

2001 年 ラストワンマイルの整備

2002 年 高速無線インフラの整備

2003 年 国内バックボーンの整備（ファイバー工事）

2004 年 アジア・バックボーンの整備、超高速インターネット衛星

2005 年 3 千万世帯に高速インフラを普及させ、IT 世界一になる

ここで、2004 年に衛星が挟まっているのが世相を表している。

また、本書がこれまで長期にわたり書き続けてきた二つのニュースが 2001 年に発信された。

即ち、IT 戦略本部が、次の二つのニュースを 2001 年の日経新聞に流した。

『超高速インターネット衛星計画』（総務省）

『S バンド移動体衛星通信計画』(経産省)

この両者ともに、民間パワーを期待してのプロジェクトだった。

当時の政府は、民活により補助金を抑える政策が好きで、『民民ゼミ』と本書では記していた。

即ち、国がアイデアを出すから、民間も費用を負担せよということだった。

さて前者の『超高速インターネット衛星』の記事は、『e-Japan 戦略』の 4 年目、2004 年の『アジア・バックボーンの整備』と紐づいている。

この当時、思わず赤面することが何度かあった。

政府は恐らく、次の 2 点を知らなかったのだろう。

- ・『超高速インターネット衛星』は、頓挫した HTS のアストロリンクの二番煎じだった。

- ・日本の超高速インターネット衛星は、数本の稼働のアジアビームを持つに過ぎなかった。

この『超高速インターネット衛星』の構想だが、初期段階での話では、『アジアの大学研究機関を結ぶ』と控えめだった。

先導役の総務省の説明でも、『離島や僻地のデジタルデバイドの解消』に留め置かれていた。

それ故、私も『ただだったらアジア各国の大学も付き合ってくれるだろう』と認識していた。

しかし、総務省の控えめな認識は、政府とは少し違っていただ。

総務省の事務方が政治家にきちっと説明していなかったのだろう...というよりは、少し風呂敷を広げてしまったのだろう。。

政治家の頭の中で『アジア・衛星・IP バックボーン』の言葉が増殖してしまった。

そして、政府の世界戦略は、実態とは別の大風呂敷に広がってしまった。

即ち、誰が乗せたのか、次のような記事が発表された。

『2003 年末の、世界の首脳が集まる世界情報サミットで IP バックボーン計画を発表し、計画への協力を呼び掛ける。』

これには赤面したのだが、これに止まらず、更に赤面する場面があった。

次の話は、私がシンガポールで聞いた冗談話だったが、当時はかなり海外で広まっていたのだ

ろう。

日本の森首相がカンボジアで、『IT、IT』と言った。

現地の政府が『それ以前に電気がない』と言った。

首相は更に言う、『電気がなくても携帯があるだろう』・・・??

さて、記事の『超高速インターネット衛星』は、総務省が主導する民活だった。

それに呼応して、NEC 東芝スペースと JSAT が協力して、『超高速衛星インターネット企画 BBIS』という会社を立ち上げ、衛星を民間として打上げる予定であった。

しかし、それ以前に郵政省が打ち上げた Ka バンドの実験通信衛星『さくら』の結果が無残であり、その結果、次のような評判が広まっていた。

『Ka バンドはお天気感知器だ。雨にめっぽう弱い。使い物にならない。』

こんなことから、BBIS は、ビジネスモデルが見いだせないとして消滅してしまった。

こんな紆余曲折の末に 2008 年に『官』、即ち JAXA が『超高速インターネット衛星』WINDS を打ち上げた。

2008 年の打上げ・・・ということは、『2005 年には、アジアの衛星高速バックボーンを作り、IP 世界一になる』との IT 戦略本部の夢は、とっくに破れていたことになる。

2003 年に世界情報サミットで広げた大風呂敷などは、お話にもならない。

WINDS は、東北の震災の時、ある役所に衛星インターネットを提供した、という記事が出たくらいで、ほとんど利用されることなく 2019 年にその寿命を終えた。

2018 年に、宇宙戦略本部が公表した『宇宙産業ビジョン 2030』にも WINDS の後継機の話が出てきたが、現在ではその後継機の話を書くこともなくなってしまった。

次に 2 番目のニュースの『S バンド』を記す前に、『J2 ロケット』というプロジェクトについて記す。

2000 年当時、既述のように、国は官民協力プロジェクト、即ち民活を多く打ち上げた。

『WINDS』も『S バンド』も、そしてこの『J2 ロケット』もそうだった。

経産省は風呂敷を広げるのが好きで、この時も次のように語った。

『衛星データサービスと衛星打ち上げ事業は 2010 年には 40 兆円規模になる。』

経産省の後押しで、IHI を中心に 2001 年に『ギャラクシー・エクスプレス』という会社が設立され、J2 ロケットの開発が進められた。

既述のように、世界の LEO フィーバーは 2000 年には終息し、経産省の広げた風呂敷の中身は霧散していることが明白になっていた。

それでも後戻りできずに開発は続けられるのだが、官側が担当する 2 段目のロケットの開発が遅れに遅れ、官は 2006 年までに 300 億円を費やしたという。

『2010 年 40 兆円マーケット』と経産省に踊らされた民の IHI はどれだけ出費したのだろうか。

『ギャラクシー・エクスプレス』は、230 億円の負債を抱え、2010 年に解散した。

……と、過去の本書をレビューしてここまで書いたのだが、不思議なことに、ネットをいくら検索しても、ここに記した『J2』のことは出てこない。

あたかも私の記した『J2』は夢だったかのようだ。

検索で出てくるのは、同じく IHI が絡んだ『GX ロケット』で、こちらは JAXA、IHI、ロッキードマーチンのプロジェクトになっている。

『J2』と『GX』との関係をご存じの方がいたら、教えてほしい。

この『GX』も、『マーケットを読み間違えた』とし 2009 年に、ロケットを打上げることなく、事業を終了しているので、経産省の風呂敷に乗せられたプロジェクトとしては同じようなのだったのだろう。

昨年 10 月に JAXA の『エプシロン 6 号』ロケットが失敗している。

エプシロンの打ち上げ場は鹿児島の内之浦だという。

内之浦は、もともと東大の打ち上げ場なので、文科省系のプロジェクトなのかもしれない。

エプシロンの 1 号機の打ち上げは 2013 年で、J2、或いは GX の終息を待ってスタートしている。

そして、エプシロンの 6 号機で初めて民間の小型衛星 8 機を搭載した打ち上げだった。

更に、この 6 号機以降は民間(IHI)に移行する予定だったという。

いずれにせよ、ホリエモンも含め、新たなロケットの歴史がスタートしている。

ここでやっと『S バンド移動体衛星通信計画』のニュースについて記す。

2001 年の記事から発する『S バンド』だが、所属も形も変えて、現在でも延々と続いている。

まず所属は、経産省から内閣府に移っている。

形も『S バンド』から『L バンド』に変わり、用途もブロードバンドから『測位』に変わった。

測位ということで、お分かりだろうが、この衛星は測位衛星『みちび』のことだ・・・というよりは『準天頂衛星』といえば分かる方が多いだろう。

『みちびき』は、現在も、また将来も金食い虫として国家予算を継続的に食って行く。

さて、この S バンドの記事が出たのが、2001 年だったが、それより 4 年程前から、東芝と富士通とトヨタが『S バンド衛星』の計画を、この記事の経産省とは別に進めていた。

一方、経産省の計画は日立と組んだものだった。

S バンド衛星では、地上の端末を小型化するために、衛星のパワーアップが問題となった。

このパワーアップの手段が東芝プランと経産省・日立のプランとでは違っていた。

東芝の案は、静止衛星に搭載するアンテナを 10m 径程度に大型にすることだった。

一方、日立、即ち、経産省の案は、衛星の周期は 24 時間で静止衛星と同じだが、軌道を南北に伸ばして楕円軌道とし、近地点を日本上空に持ってくる案だった。

即ち、日本と衛星の距離を短くしてパワーアップする案で、軌道は縦型の 8 の字になる。

この日立案では、衛星を 3 機上げる必要が出てくる。

これを準天頂衛星と呼ぶ。

準天頂衛星では、3 機のうちの 1 機を、日本から常に見ることができるようにする。

そして、近地点の日本から見上げる衛星の仰角は 70 度以上となり、ビルの谷間の影が少なくなる、というメリットがあった。

一方、東芝案の静止衛星では迎角が 45 度程度となり、ビルの谷間では、受信できない所が多くなる。

従って、東芝のモバホでは、大量の中継器(ギャップフィラー)がビルの屋上に設置されることになった。

いずれにせよ東芝は 2001 年の『S バンド』の日経の記事を見て、びっくりした。

『経産省に先を越されては大変だ』ということで、東芝はあわてて、韓国の SK テレコムと提携して、モバイルサット『MBSAT』を、2004 年に打ち上げた。

そして、大量のギャップフィラーをビルの屋上に備えた。

これが S バンド衛星放送のモバホだった。

この『モバホ』の成否が、経産省の『準天頂衛星』の推進の意義にもかかわっていた。

東芝の『モバホ』は画期的な衛星音楽配信サービスだったが、丁度スタートした地上のワンセグ放送とバッティングし、加入者が増えず、2009 年に解散した。

『MBSAT』の衛星本体は韓国の SK テレコムに引き継がれたが、それにしても東芝はかなりの出費を強いられただろう。

一方、経産省の準天頂衛星に係る民間は、この『モバホ』の動向を注意深くながめていた。

そして、民間を含めた準天頂衛星の検討会では、『S バンド・ブロードバンドではビジネスモデルが見えない』として、S バンドを断念した。

喜んだのは部外者の総務省で、これによって、当時デジタルデバイドの解消を推進していた WiMAX の周波数帯域が 70MHz から 95MHz に増えた。

いずれにせよ、経産省の、準天頂衛星の検討会では、様々な用途や周波数が再検討された。

そして、L バンドの『測位』ではどうかということになった。

既述のように、準天頂衛星では 3 機の衛星が必要になる。

そこで、『経産省がまず 1 機を打ち上げるので、残りの 2 機を民で上げてくれ』と検討会に諮った。

しかし、民は『測位にビジネスモデルはない』として、これを断った。

そうこうしているうちに 2010 年に経産省が 1 号機を打ち上げ、『みちびき』と名付けた。

しかし、1 機だけではどうにもならない。

『さあ、どうしようか』という時に助け船を出したのが、なんと当時の民主党政権だった。

民主党政権は新政権としてのマニフェストに、『日本版 NASA』を掲げていた。

そのマニフェストに従って開催した宇宙戦略会議で、民主党は次のように宣言した。

『これまで省庁縦割りだった宇宙行政を、内閣府に一元化する』

『2009 年以降の 5 年間で 34 機の衛星を打ち上げる』

ということで、『みちびき』の所轄は、経産省から内閣府に移り、複数の衛星を打ち上げてよいことになった。

経産省はホッと、内閣府は喜んだ。

民主党政権がどう考えていたのかは分からないが、内閣府は『測位は軍事だ』と考えた。

当初の経産省の構想は、米国の GPS の補完として精度を高める用途で、衛星は 3 機だった。

しかし、内閣府は『米国の GPS から独立した日本版 GPS でなければならない』とした。

その結果、3 機の準天頂衛星のプロジェクトだったのが、静止衛星 1 機を含む、最低 7 機を要する金食い虫に成長することになった。

内閣府は『軍事』をオブラートに包むため、色々と努力している。

『G 空間』も、これから生まれたプロジェクトで、内閣府が各省庁に『G 空間』を広め、準天頂衛星を広めるように指導した。

実際、内閣府が定めた『G 空間』のロードマップの 2018 年は

『準天頂衛星 4 機体制による高精度測位の活用』

となっている。

7 機が揃うまで待てない……ということだろう。

この G 空間だが、私自身は未だよく分かっていない。

G 空間を検索すると、色々出てくるのだが、未だにウィキペディアには載ってはいないようだ。

いずれにせよ、内閣府は『G 空間×ICT の市場規模は 62 兆円になる』として、各省庁にはっぱをかけている。

各省庁の対応を眺めてみる。

国交省 『G 空間社会実証プロジェクト事業』

総務省 『G 空間×ICT 推進会議』

経産省 『3 次元 G 空間化プロジェクト』

内閣府は各省庁の G 空間の提案募集に、『みちびき』をからめさせるように指導した。

そして、『G 空間』自体も予算を食うようになって現在に至っている。

内閣府は、更に『みちびき』に箔を付けたかったのだろう、『防災にみちびきが必要』とか色々と努力を重ねている。

例えば、消防庁を通じて『みちびきで J アラートを発信できないか？』と私に聞いてきた。

『みちびきのデータチャンネルは 250bps で、J アラートは 128kbps。不可能です』と答えた。

その低速の 250bps でどうにかしたかったのだろう、次のようなニュースも発信されている。

『みちびき 3 号で衛星安否確認システム』

このシステムは現在でも『Q-ANPI』として続いているようだ。

そうこうしているうちに、2025 年には 7 機が勢ぞろいする。

そのバックアップ体制も含め、PFI 契約で順次整えて行くのだろう。

そして、2010 年に打上げた『みちびき 1 号機』の寿命が尽き、2022 年に後継機が打ち上げられ

ている。

これからも延々と金食い虫として生き残る。

さて、回り道を続けてきたが、また初期の 2000 年頃のプロードバンドに戻る。

ADSL、CATV、FTTH など、何でもよいから、早く家庭への高速インフラを普及させ、プロードバンドを達成するため、どうしたらよいのかを本書でも考えてみた。

ラストワンマイルを整備しても、基幹となるバックボーンがひ弱なことが分かった。

そこで、本書では、サーバーを地域に分散させることが必要だとした。

そして、HITS、即ち衛星でコンテンツを地域のサーバーに一斉配信すればよいと提唱した。

そのコンテンツだが、VOD にしても映画が主体だった。

ところが、この映画コンテンツがプロードバンドの発展を邪魔した。

2002 年頃、ファイル共有ソフトの Winny などの P2P の広まりで、映画コンテンツを仲間内でダウンロードすることが流行した。

それが、IP バックボーンの数％を占めることになり、また USEN の GyaO が VOD をはじめて、バックボーンの数％を占めるようになった。

この頃 NTT は、『GyaO、ただ乗り説』を総務省に訴えた。

そうこうしているうちに、『インターネット崩壊説』が出てきた。

IIJ のトップが 2004 年に、次のように言った。

『バックボーンは 5 年で満杯になる。快適なブロード環境を維持するためには、数 10 兆円の投資を要する。』

これが『2009 年インターネット崩壊説』と言われた。

そして、本書では『崩壊』を防ぐために、既述のように HITS による一斉配信やサーバーの分散化を提唱した。

サーバーの分散化としては、極端な例として、電柱サーバーまで本書では提案した。

冗談半分の電柱サーバーだったが、中南米で本気に検討されていると後で聞いて、驚いたことがある。

このサーバーの分散だが、アカマイが世界的に展開し、現在に至っている。

アカマイの基本的な仕組みは、次のようになっているはずだ。

- ・まず、企業がアカマイのサービスに加入する。
- ・そのアカマイ加入企業の URL に、ユーザーからアクセスがある。
- ・そのコンテンツは、アカマイが各地に展開しているエッジサーバーにストアされている。
- ・そのユーザーの『2 回目以降のアクセス』に対しては、ユーザー近傍のアカマイのエッジサーバーが自動対応するようになり、込み合った IP バックボーンをスキップする。

アカマイ・ジャパンの社長に招かれたことがある。

壁には世界地図があり、アカマイサーバーへのアクセス情報がリアルタイムで表示されていた。

そして、ワンアクセスいくら・・・とお金が入ってくるという。

またアカマイの定例会に参加したことがあるが、多くの大手会社が利用しているようであった。

アカマイサーバーは、世界に 24 万台以上ばらまかれているという。

但し、サーバーへのコンテンツ配信には、衛星が使われていることはないようであった。

残念だ..

さて『インターネット崩壊説』だが、その後どうなったか・・・。

2004 年頃、ファイル共有ソフトの Winny に関する逮捕者が続出し、ブロードバンドは一挙に閑古鳥が鳴き始めた。

こんな閑古鳥が鳴いた状況でもブロードバンドを活性化させるにはどうしたらよいか。

それを見越したわけではないが、本書は当初から『投稿』を提案してきた。

即ち、ブロードバンドのコンテンツとしての『投稿』を、2000 年度版から推奨してきた。

『明治時代の女性の活躍は”投稿”から始まった』とか

『明治・大正の作家の活性化は”投稿”から発している』とか、
『ブロードバンドを活性化させるには、たんす預金を動かさねば』
などと様々に訴えてきた。

しかし、全く無視された、というよりも笑われた。

私としても『投稿』のビジネスモデルははっきりしなかった。

情報端末や AV 機器が、おじさん・おばさんに売れるようになる・・・としたが、自信はなかった。

それが今、『YouTube』として発展している現状には感慨を感じる。

YouTube は 2004 年頃米国で誕生し、爆発的に広まった。

いずれにせよ、私の頭の中で、『投稿』と CM『広告』が結びついて、ビジネスになることには思い
至らなかった。

ところで、『GyaO、ただ乗り論』はどうなったか。

2006 年に総務省は『ネットワークの中立性に関する懇談会』として、NTT の不満に対する審議
会を開始している。

NTT などの通信事業者は次のように言う。

『ネットを使ってビジネスを展開しているのだから、それなりにネットワークを維持するためのコ
ストを負担すべきだ。』

グーグルなどのサービスプロバイダーは、次のように主張する。

『インターネットでは、どんなサービスでも、差別されることなく、平等に扱われるべきだ。』
なにか議論がかみ合わない感じだった。

『GyaO などは応分の負担を負うべきだ』となった場合、YouTube などはどうなるのだろうか。

いずれにせよ、『中立懇』は 2007 年 7 月に報告書をまとめる・・・とのことだったが、この結果を
記しているはずの 2008 年度版の冊子は私の手元になかった。

株式会社理経のホームページに『衛星通信手引書』として今でも載っているので、興味ある方は

アクセスしてみてください。

但し、理経に今でもパスワードを知っている者がいるのかどうか？

・・・私はそのパスワードを忘れてしまった。

さて『インターネット崩壊説』に対して、通信事業者はどうしたのだろうか。

2007 年に NTT、KDD、ソフトバンクの 3 社は NGN(New Generation Network)を提唱した。

本書の冒頭に示した、米国ゴア大統領の提唱した GII から、この NGN は発している。

この NGN により、Skype などの P2P で失った専用線市場を取り戻すことが目的なのだろう。

いずれにせよ、『中立懇』や『NGN』の議論から、現在の通信容量制がスタートしたのだろう。

また話は戻るが、1997 年の本書のテーマは『通信か放送か』であった。

この『通信か放送か』という問題が、まず衛星配信において出てきた。

きっかけは、ソニーが放送免許を取らずに、通信衛星を使って放送を開始しようとしたことだ。

『スクランブルを用い、契約者のみに配信するのだから通信だ』という論理だった。

ソニーにとって、通信ならば、放送免許に係る様々な規制を逃れることができるからだ。

結局は郵政省によってストップさせられ、変更させられた。

これをスカイポート事件と呼ぶ。

当時、郵政省は次のような判断基準を持っていた。

- ・放送 : 加入料を払えば誰でも視聴できる・・・発信者に拒否権はない。
- ・通信 : 受信者を選定できる。・・・発信者に拒否権がある。

しかし、このソニーの問題や、『カードの加入者に向けた一斉配信は放送なのか』など様々な問題が出てきた。

そこで、総務省は 2001 年に『電気通信役務利用放送法』という規定を作った。

次のようなことだ。

放送なのか通信なのかグレーなエリアであっても、電気通信役務利用放送事業者の

登録をすれば、放送を流しても構わない。

正規の放送規制も適用しない。

このようにハードルを下げたのだが、更に次のような一項が加えられていた。

『インターネット映像配信サービスに関しては、電気通信役務利用放送法の定めるところによる。』

これが、当時通産省や文科省の影響が強かったインターネット市場を、総務省の手の内に収める布石であった。

話は変わるが、郵政省とか総務省とかややこしくなるので、以後は総務省、或いはテレコムさんとして記す。

省庁再編が 2001 年に行われ、郵政省、自治省、総務庁が合併され総務省となっている。

この中で、旧郵政省グループは、再度の分離独立を目指していた。

旧郵政省グループは、テレコムさんと呼ばれていて、新たに『情報通信省』への独立を目指し、そのために利権の拡大を図っていた。

電気通信役務放送法によるインターネットの把握もその一環だった。

更に、総務省は、日本のテレビ放送方式 ISDB を世界に普及させるなどの国際戦略を展開した。そして、ISDB 方式をブラジルや東南アジアへ普及させるなどで、日本のテレビ産業を活性化させるつもりだった。

しかし、かえって国際化によるスクランブルなどのテレビ仕様の公開で、日本独自の仕様で守られた業界に変化が起きた。

即ち、日本のテレビ家電業界は海外では勝てなくなり、結局韓国に市場を奪われてしまった。

テレコムさんは頑張ったのだが、結果としては失敗した。

そうこうしているうちに、2009 年の民主党政権の誕生で、民主党がマニフェストで公表していた公約、『日本版 FCC』で、テレコムさん(旧郵政省)の解体の危機を迎えた。

『情報通信省』への独立どころか解体の危機だった。

民主党政権内での紆余曲折を経て、日本版 FCC 構想は頓挫したものの、『情報通信省』への独立の意欲は薄れ、現在に至っている。

テレコムさん、2003年の変

テレコムさん、即ち総務省は 2001 年に電気通信役務放送法で規定した『インターネット映像配信サービス』、即ち『IP 放送』の IP マルチキャスト放送を広めようとした。

そして、IT 戦略本部のロードマップに呼応して、2002 年度予算で 3000 万世帯に向けたネット放送局の開発に 30 億円を投入すると新聞発表するなど、テレコムさんは積極的に動いた。

だがここに、思わぬ伏兵が現れた。

文科省傘下の文化庁だ。

戦いの火ぶたを切ったのが文化庁だった。

2003 年にソフトバンクが『ADSL 放送・BB ケーブル』を、総務省の『電気通信役務利用放送法』の元で行うことを計画した。

この計画は IP マルチキャスト放送だった。

これに対し、文化庁は『放送とは認めない。それは通信だ。』とクレームをつけた。

文化庁の言い分は、次のようなことだった。

IP マルチキャストでは、NTT の中継局に放送の全チャンネルが来ている。

但し、家庭では、そこから 1 チャンネルを選んで送信してもらい視聴する。

家庭に全チャンネルが届いているわけではなく、1 チャンネルを選択する通信だ。

即ち、『放送ではない』との言い分で、文化庁はびくとも動かなくなった。

そして、3 年ほどの小康状態が続いた。

2006 年になって突然、総務省、文科省（文化庁）、経産省の三つ巴の戦いが IP に関して展開されることになった。

総務省は、放送の利権を握っている。

文部省は著作権を握っている。

経産省は IP ネットの活性化による経済の活性化だ。

後述のように経産省が積極的に参戦する姿勢が 2006 年に明らかになり、総務省は慌てた。

そして、総務省は再度文化庁の説得に乗り出した。

旧郵政省のテレコムさんは 2011 年の『地デジ』、即ち、地上波放送のデジタルへの移行を材料として用い、文化庁の説得を開始した。

テレコムさんの言い分は、次のようなことだった。

無線の WiMAX などを駆使して、ブロードバンド 100%を 2010 年までに達成する。

即ち、2011 年の地デジでは多くの難視聴者が現れるが、その頃にはブロードバンド 100%が達成されているはずで、IP マルチキャストにより難視聴は救済される。

従って、文化庁が IP マルチキャストを放送と認めてくれれば、それで難視聴を解消できる。

既述のように、経産省が IP 市場を手に入れようという具体的な動きが激しくなってきた。

そこで、総務省は、内閣府を味方につけて、しつこく文化庁に迫った。

『IP マルチキャストは通信ではなく、放送であると認めてほしい。』

文化庁は、その圧力に屈し、『地上波放送の IP 同時配信に限り放送とする』と渋々認めた。

そして、2006 年 12 月に『著作権に関する法律案』が成立した。

この法案の成立を事前に察知した総務省は、経産省に次のように明言している。

『IP マルチキャストは、情報通信の法制上で放送と位置付けられる。

著作権法でも近々改正され、CATV と同じ扱いになるだろう。』

総務省の勝利宣言だが、この言葉だけを聞いた時、誰が難視聴対策を連想するだろうか。

『難視聴を解消するために』という総務省の言葉は方便に過ぎなかったわけだ。

ここで、総務省が完勝して『IP マルチキャストは放送である』ということになった。

1997 年の『電気通信役務放送法』の目的が、2006 年になって達成されたと言える。

但し、一方で文科省(文化庁)は、次のように言っている。

IP マルチキャスト放送は取られたが、VOD や IPSTREAM、その他において『実を取った』。

実際にはどうだったのだろうか。

いずれにせよ、2006 年の『変』であった。

この『変』でのきっかけとなった『経産省の参戦』についてはふいていたので、それを記す。

『2006 年の変』の火付け役だったのが『テレビポータル』だ。

2006 年 7 月に家電大手が共同会社『テレビポータル』を設立した。

この裏に経産省がいることは明白だった。

参加企業は松下、日立、ソニー、東芝、シャープ、SCN の 6 社だった。

この経産省の動きが、既述のように総務省に火をつけた。

そして、総務省が文化庁の説得を開始し、内閣府まで仲間に取り込んだのだが、それに止まらず経産省に対しても、この動きに釘をさしている。

即ち、総務省は『地デジ・IP 放送用の受信機(STB)の統一規格を定める』と突然に発表した。

そして、NHK、民放、NTT などの協議会で、2006 年度中に STB 規格を定めるとした。

『放送は俺の縄張りだ』と総務省が主張したのだ。

『テレビポータル』に参加した家電業界にとっては、冷や水だった。

経産省主導の『テレビポータル』は 2007 年 2 月にサービスを開始したが、尻つぼみだった。

そして総務省は、NTT を後押しして IP 放送局、『4th メディア』を発足させた。

地上波、衛星、CATV、そして第 4 の『4th メディア』という。

総務省は『こうなればこっちのもの』と、文化庁との約束などは何のそので、なし崩しに現在に至っている。

難視聴対策とデジタルデバイド

ところで、文化庁の説得に利用した『難視聴対策』はどうなったか。

総務省は、文化庁を説得する過程で、難視聴対策の言葉を、『デジタルデバイドの解消』に置き換えた。

デジタルデバイドとは『電話を持つ世帯のうちの 5%、即ち 250 万世帯がブロードバンドの恩恵を受けていない。これを解消せねばならない。』ということに出てきた言葉だ。

よく考えれば『地デジの難視聴対策』と『デジタルデバイドの解消』は関係ない。

しかし、『ブロードバンド 100%』と『デジタルデバイドの解消』とは同義語だ。

総務省は『ブロードバンド 100%』がたっせいされるから、と巧みに操ったことになる。

即ち、総務省は、『無線の WiMAX などを駆使して、ブロードバンド 100%を達成すれば、IP マルチキャスト放送で難視聴問題は解消する』と文化庁を胡麻化したわけだ。

『WiMAX や、その他の無線 LAN では IP マルチキャスト放送は不可能』であることは、技術的に考えればすぐに分かるのだが、文化庁は誤魔化された。

いずれにせよ、総務省は、この『デジタルデバイドの解消』に向けて突っ走った。

そして、官民連携の『情報通信インフラ委員会』を 2006 年に発足させた。

この委員会で、総務省は自治体や CATV に WiMAX を広めるようにはっぱをかけた。

CATV は、『俺たちにも携帯サービスができる』と喜び、大いに総務省の策に乗せられた。

更に、総務省が『自治体に対してブロードバンドを義務付ける』などとほのめかしたことから、自治体は WiMAX パニックに陥った。

総務省は、『WiMAX は最長 50km、最大 75Mbps』、即ち、長距離で高速だとして、煽った。

これは FWA、即ち『Fix の WiMAX』の最大仕様であり、デジタルデバイドにも使えそうだ。

一方、『モバイル WiMAX』のスペックは、その数分の 1 でデジデバには使えない。

しかし、総務省の意見招請における CATV の希望は全てモバイル WiMAX に集中した。

即ち、CATV が夢見るのは、モバイルサービスであって、難視聴などは全く視野になかった。

本書では、FWA の WiMAX であってさえ IP マルチキャスト放送を行うのは不可能と技術的に示していたが、モバイル WiMAX などでは論外と言えた。

一方、総務省の指示に、自治体はあたふたして、防災村に声をかけた。

しかし、IP を拒否する防災村からはそっぽを向かれ、いかようにもならなくなった。

そうこうしているうちに WiMAX フィーバーは突然に消えた。

即ち、文化庁が屈服し、総務省の言い分を認めた後、WiMAX のフィーバーは消沈したのだ。

結果として、総務省はウィルコムと KDDI に WiMAX の周波数を割り当てている。

ウィルコムは、その後ソフトバンクになっている。

WiMAX フィーバーに乗せられた CATV は、補助金も期待できなくなり、梯子を外された。

中途半端に資金を使ってしまった CATV もあったようだ。

この WiMAX フィーバーには私も迷惑をこうむっている。

本書で長年紹介している 4.9GHz 無線 LAN、IEEE802.11J のことだ。

これを全国的に広めたかったのだが、本書のみが孤軍奮闘して広めざるを得なかった。

その顛末の一端を記す。

総務省は、この 4.9GHz 無線 LAN を利用できるのは、当初『通信 1 種のみ』としていた。

但し、世界の趨勢をみて、その免許規制が『密かに』はずされ、誰でも使えるようにした。

なぜ『密かに』だったのか・・・おそらく WiMAX フィーバーに水を差したくなかったのだろう。

私の周辺ではこの免許改正を知ったのだが、全国的に知れ渡ることはなかった。

本書では 10 年以上にもわたり、この 4.9GHz を連載し、口コミで広まり始め、今では地域の防災ネットやデジタルデバイドの解消に使われるようになった。

4.9GHz 無線 LAN は、簡単な免許を必要とするのだが、他の影響を受けない自営ネットを構築できる便利な周波数だ。

この無線 LAN は自治体、特に沖縄で、防災の用途で利用されている。

ところが今年、総務省がこの 4.9GHz を召し上げ 5G に割り当てると言い始めた。

移転先の周波数は決まっておらず、2025 年までに決めるという。

今使われておられる方々には多大な迷惑をおかけすることになるだろう。

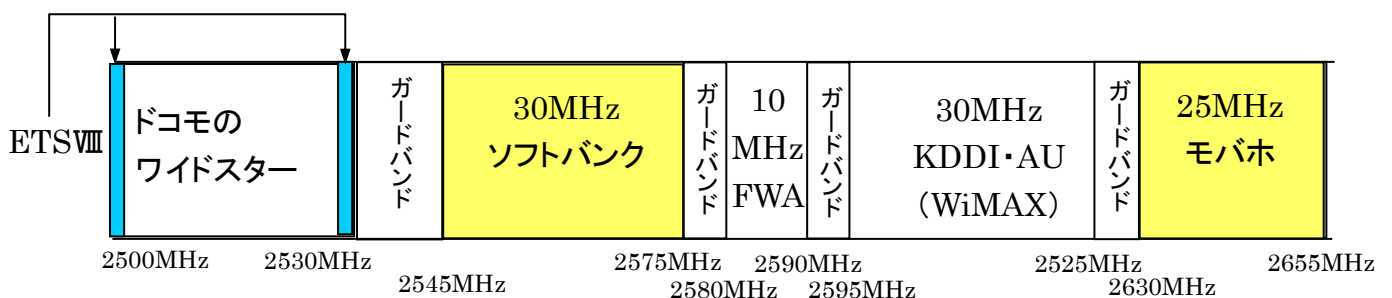
WiMAX についてもう少し記す。

WiMAX の周波数は S バンドだ。

S バンドとは 2GHz から 3GHz の帯域のことで、これを様々なアプリに割り当てている。

次の図のソフトバンクと、KDDI が WiMAX の部分だった。

真ん中の 10MHz が地域 WiMAX として自治体や CATV に解放されたのだが、今どうなっているかは知らない。



経産省が主導していた準天頂衛星は当初 S バンドだったが、WiMAX 騒ぎの前に 15MHz の周波数帯域を返納して、WiMAX に加えられ、総務省を喜ばせた。

右端の東芝のモバホは WiMAX 騒ぎの後の 2009 年に事業を停止したのだが、衛星自体 (MBSAT) は韓国に引き継がれている。

この周波数が現在どうなっているのか知らないが、一部は 5G にも割り当てられている。

ソフトバンクの左隣の帯域が、NTT ドコモの衛星電話『ワイドスター』だ。

ワイドスターの両端のゴミのような帯域を使っていたのが、JAXA の衛星 ETSVIII (きく 8 号) だ。

この ETSVIII 号も面白い静止衛星だ。

2006 年 12 月に、この衛星は打上げられた。

17m 径相当の大きなアンテナを搭載する衛星で、当初、この大型アンテナが開かないと慌てた。その後のトライアルで、開いたことが天体望遠鏡で確認できたが、次には衛星搭載の受信機の電源が入らないとの問題に見舞われた。

これを解消し定常運用に入り、4 年後の 2010 年に運用を停止した。

2011 年の東北震災の際、再度立ち上げられ、大船度市役所に 765kbps のインターネットを提供したという。

通信したとしても、この程度の容量であり、何が目的の技術試験衛星だったのか不明だ。

3 万 6 千 km のかなたに、17m 径相当の大型アンテナを広げることに意味があったのだろうか。S バンドといえば、2012 年に『2GHz 帯を利用する移動衛星通信システム』という検討会が総務省で開かれた。

これは衛星電話に関する検討会で、後に『STICS 構想』と呼ばれた。

直径 30m ものアンテナを搭載する静止衛星で、日本を何本かのビームでカバーし、多くの電話の回線数を確保するという衛星電話プロジェクトだった。

ソフトバンクが主導して、NICT が協力した。

そして、2020 年にソフトバンクが STICS 衛星を打上げることになっていた。

しかし、衛星が打ち上がったとは聞いていないし、プロジェクトは消滅してしまったようだ。

脱線しているが、難視聴対策・デジタルデバイドの項であった。

総務省の『デジタルデバイド解消』では、衛星も乗せられた。

BBSAT と、タイの IP スターだ。

ともに衛星インターネットによるデジタルデバイドの解消で、補助金が出るということで、総務省に乗せられた。

BBSAT は、元 JSAT の技術部長のバイチマンさんが、宇宙通信と組んで立ち上げた会社で、スーパーバードの Ka バンドを用いる衛星インターネット構想だった。

私も個人的に相談を受けていた。

総務省が後押ししており、既述のように、デジタルデバイド解消の補助金が頼りだった。

しかし、『文化庁の屈服』の後、総務省は梯子を外してしまった。

バイチマンさんは失意のうちに米国に帰国した。

一方、IP スターは総務省のデジタルデバイドに乗り、そして、梯子を外されたのは、BBSAT と同じだった。

但し、IP スターは日本だけではなく、アジア・オセアニア向けのグローバルなサービスであり、日本でのサービスも継続した。

そして、2011 年の東北大震災で、日本でのサービスを発展させた。

震災の当時、総務省は、ソフトバンクの要望に基づいた審議会を開いていた。

その要望とは、IP スターを携帯基地のバックヤードに使いたいということだった。

その審議の最中に東北の震災に見舞われ、ソフトバンクは、総務省の了解を得ないまま、IP スターの端末を搭載した車を、現地に大量に派遣した。

即ち、電波免許もまだ取れていなかったのだが、なし崩しで、総務省の事後承認となった。

現在では携帯 4 社が BCP を目的として、主に JSAT を利用した可搬局を保有している。

松浦機械は、これら各社に各種の可搬アンテナを供給している。

次の写真が出荷前の工場での写真だ。



さて、IP スターだが、日本で長年衛星インターネットのサービスを続けてきたが、後継衛星の打上げの計画はないと聞いている。

スターリンクなどの低軌道 LEO 衛星の動向をみて、ビジネスは難しいと察知したのだろう。

但し、自治体など IP スターを利用しているところはかなりある。

そうしたユーザーのためには、SES が衛星の代替えとなるようだ。

結局、地デジの難視聴対策はどうなったか。

WiMAX や衛星インターネットの梯子を外し、デジタルデバイドの解消は放棄された。

そして、総務省は、デジタルデバイドとは何ら関係のない BS の 17 チャンネルを使った。

この BS で空いていたトラポンを使って、2010 年から東京の民放の放送を衛星配信した。

『2006 年の変』から 4 年後、地デジ開始の 1 年前のことだった。

この難視聴対策は『衛星セーフティーネット』と呼ばれた。

難視聴の世帯には、総務省が BS チューナーを無償で配布している。

MPEG2 の SD で 7 チャンネルを TDM で放送した。

NHK 総合、NHK 教育、NTV、テレビ朝日、TBS、フジテレビ、テレビ東京の 7 チャンネルで、東京で流されているのと同じ放送だった。

難視聴でもない地域から、『東京 12 チャンネルも見ることができるの？』という問い合わせ殺到したという。

総務省は、文科省や経産省とのつばぜり合いの道具に『地デジの難視聴対策』を使ったのだが、結果として、ブロードバンドやデジデバとは全く関係のない手段で解決が図られたわけだ。

長い物語だった。

ところで、2016 年に『衛星セーフティーネット』は終了している。

そして、タイミングよく BS の 4K 化に利用されることになった。

歴史はうまくしたもので、BS 右旋の 17 チャンネルが、この時に空かなかったら、総務省は衛星の 4K/8K 放送のことで頭を抱えることになっただろう。

そして、それを救済できるのは CS110 度衛星だったはずだ。

なぜなら、CS110 度衛星の左旋偏波のトラポンが大量に空いていたからだ。

こうした流れから、CS110 度衛星が主役を演じることになるのか・・・と思われたが、またもや総務省の演出で、残念ながらそうはならなかった。

この CS110 度衛星は紆余曲折のある衛星だ。

CS110度衛星

この話題は、書いている私でも混乱するほど複雑で、20 年以上にもわたる長い話なので、パズルを解くように読んでほしい。

一読で理解できる方がおられたら、敬服します。

衛星放送は、まず BS のアナログ放送からスタートした。・・・これは右旋の円偏波であった。

次に通信衛星によるスカパーなどの CS 放送がスタートした。・・・これは直線偏波であった。

偏波も衛星の位置も違うので、当然家庭の受信アンテナも異なる。

従って、BS もスカパーも見たいという家庭は 2 台のアンテナが必用になる。

これからの話は BS の円偏波についての話になる。

BS 放送はアナログ放送でスタートした。

そして、2000 年に、これをデジタルに変更した。

家庭の BS アンテナの一部はデジタルに対応しておらず、アンテナを買い換えなければならなかった。

これが第 1 回目のアンテナの買い換えだ。

CS110 度の右旋放送の開始で、更に、広帯域の BS・CS 共用アンテナへの交換が必要になる。

この CS110 度の放送を見たいと思う家庭は、更にアンテナを買い換えた。

これが 2 回目のアンテナの更新だ。

更に最近、右旋だけではなく、BS 左旋の 8K 放送と、CS110 度の左旋放送が新たに開始されたことで、またまたアンテナの交換が求められている。

家庭は一体何度アンテナを買い換えなければならないのか。

そもそも、CS110 度衛星とはなんなのか。

この衛星は面白い歴史…と言っては不謹慎だが、波乱に富んだ歴史を持つ。

この歴史は、CS110 度衛星が打ち上げられた 2000 年にさかのぼる。

当時、CS 放送は JSAT のスカパーが先行し、宇宙通信のディレク TV がこれを追った。

しかしディレク TV はなかなか追いつけず、スカパーに水をあけられた。

ディレク TV は米国のヒューズ社が主導していた。

そのヒューズ社は一発逆転を狙って、BS と同じ軌道と位置の東経 110 度に新たな衛星を打上げる申請を郵政省に行った。

偏波も BS と同じ円偏波とした。

即ち、BS とアンテナを共用するという戦略だった。

その CS110 度衛星に、ディレク TV をスーパーバードから移転させ、一挙に日本市場を席巻する目論見であった。

しかし郵政省は、ヒューズ社の独占に渋り、CS110 度を認めるに際し、ディレク TV による寡占を回避するため、JSAT へも参加を促した。

JSAT の心境は複雑だったろうが、いずれにせよ、これに参加した。

それで、宇宙通信と JSAT が、CS110 度の、それぞれ右旋トラポン 6 本、左旋トラポン 6 本を持つ、総計 24 本のトラポンを持つ相乗りの衛星となった。

後に JSAT が宇宙通信を吸収し、宇宙通信は消滅するのだが、こんな成り行きから、当初の CS110 度衛星は、次の三つの名前を持っていた。

- ・総称 : NSAT
- ・宇宙通信の呼び名 : スーパーバード D 号
- ・JSAT の呼び名 : JCSAT-110

ところが、衛星の打上を待たずに、ヒューズ社がディレク TV を放棄してしまうという思わぬ事態に陥った。

そして、宇宙通信と JSAT は、衛星は打ち上げるものの、『とりあえず、郵政省に任せて、静かにしていよう』となった。

ここから CS110 度衛星は現在まで 23 年にも渡る長い放浪の旅へ出ることになった。

BS デジタル放送の開始が 2000 年の 6 月で、CS110 度衛星の打上が同じ 2000 年の 10 月だった。

この数か月の差が微妙だった。

総務省は、『スタートしたばかりの BS デジタル放送が、CS110 度放送に食われてしまっは困る』と考えた。

そして、姑息な手段だが、CS110 度放送の開始を邪魔した。

即ち、総務省は BS・CS100 度共用の家庭のアンテナの仕様をなかなか決めなかった。

決まらなければ売れない、売れなければ作らない。

ヒューズ社が居座っていたなら、大声で喚いただろうが、宇宙通信、JSAT とともに静かだった。

そんなことで、アンテナメーカーは、BS も CS110 度衛星放送も受信できる共用アンテナを売り出せなかった。

後述するが、2000 年の BS デジタル化に向けた新規アンテナの売り出しキャンペーンが行われていたが、そのアンテナでは CS110 度放送が受信できなかったのだ。

BS デジタルを優先するという総務省の陰謀だ。

同じようなことは、スカパー、ディレク TV などの民間アナログ CS 放送の開始の時にもあった。

その顛末は次のようなことだった

さかのぼること 1987 年に、スカパーやディレク TV のアナログ CS 放送のスタートに当たって、スクランブルなどの仕様を決定する審議会があった。

実は、私もその審議会のメンバーだった。

この審議会が、ちょうど WOWOW の立ち上がりの時とぶつかった。

その WOWOW 自体のスクランブルの開発が長引いて、もたもたしていたからだ。

CS 放送が先に立ち上がって、BS の WOWOW を食っては困るということで、郵政省は、CS 放送の審議をなかなか完結させず、2 年も引き延ばした。

この郵政省は 2000 年に総務省に変わっている。

私もこの審議会のメンバーとして毎月 1 回、2 年もの長い間苦勞させられた。

当然、アナログ CS 放送のスタートも遅れた。

BS デジタルの立ち上がりの時期の事情とそっくりだった。

さて、2000 年の BS デジタルの開始と同時に、S110 度放送の参加募集が行われ、大企業が『俺も俺も』と殺到した。

既述のように、BS／CS 共用アンテナは売り出されていない。

それにもかかわらず、大企業の社長達が、BS デジタルの客の全てに向け、すぐに放送ができると『錯覚』したため、フィーバーに陥った。

受信アンテナの問題は後述するとして、その時の CS110 度放送のフィーバーのすごさを示す。

2001 年に総務省は、CS110 度放送事業者の厳格な選定結果を次のように発表した。

- ・ハリウッド : 伊藤忠、ソニーピクチャーズ、東北新社、他
- ・日本メディアーク : 時事通信、共同通信、NTT、電通、他
- ・CS プロジェクト : WOWOW、富士通、他

- ・e-Port(イーピー) : 松下電器、東芝、他
- ・サテライト・サービス : フジテレビ、産経新聞、住友商事、他
- ・CS ワンテン : 日立、朝日放送、凸版印刷、朝日新聞、他
- ・日本 BS 放送 : ビックカメラ、他
- ・メガポート : 毎日新聞、角川書店、オリエンタルランド、他
- ・CS 日本 : 日本テレビ、読売新聞、帝京大学、他
- ・スペーステリア : 三菱商事、FM 東京、他
- ・CTBS : 東京放送、三井物産、リクルート、他
- ・CS 九州 : 岩崎産業、鹿児島交通、他
- ・阪急電鉄 : 阪急電鉄、他

そうそうたる企業の社長たちが、フィーバーに巻き込まれてしまったことが分かる。

既述のように、社長たちは、『BS の視聴者の全てが俺の客だ』と誤解してしまっていた
なぜ「誤解」なのか。

それが何度も話す『受信アンテナの問題』だった。

本書では、イーバーの 1 年前の 2000 年度版で、既にアンテナの問題を指摘していた。

即ち、CS110 度放送は視聴者 0 の日本に向けて放送をしなければなくなると指摘した。

ややこしい問題だが、順を追って説明する。

BS デジタル放送が開始する 2000 年以前から、アンテナメーカーは BS デジタル用の新しいアンテナの販売を開始し、置き換えキャンペーンを張って売りまくっていた。

これが第 1 次アンテナ買い換えの流れだ。

しかし、この新 BS アンテナでは CS110 度放送は受信できない。

なぜなら、CS110 度衛星は、BS と同じ位置にあるとはいっても BS より高い周波数を使っているため、BS よりも広帯域のアンテナが必用となる。

BS デジタルのキャンペーンの時点から BS・CS110 度共用アンテナを販売しておけばよかった

のだろう。

誰しもそう思うし、CS110 度のフィーバーに乗った社長たちは『そうだった』と思い込んでいた。

しかし、総務省は、BS・CS110 度の共用広帯域アンテナの販売を規制していた。

先に指摘したように、『スタートしたばかりの BS デジタルが CS110 度に食われてしまっては困る』と総務省が考えたためだ。

私が気付いていたのだから、大手企業にも気付いていた社員がいただろう。

しかし、その社員は社長に、それを説明しなかったようだ。

『どうせ社長の道楽だ』と、ほっておいたのだろう。

総務省が、こんなおかしい戦略をとれることになったアンテナ事情の種明かしをしよう。

アンテナを広帯域にするだけだったら簡単だった。

しかし、総務省は『広帯域にするだけではない』として、共用アンテナの仕様を決定しなかった。

そして、アンテナメーカーに BS・CS110 度共用のアンテナの販売をストップさせた。

即ち、市場には出回っていない。

なぜ『それだけではない』と、総務省が言えたのか？

その理由は、BS は右旋だけだが、CS110 度衛星は右旋に加え左旋も持っていた。

そのために BS・CS 共用アンテナをどうするかは、広帯域にするだけでなく、右旋・左旋をどうするかを選択肢も加わって複雑だった。

その選択肢を総務省が決めなければならないのだが、『その結果が決まるまでは BS・CS 共用アンテナとして売り出してもらっては困る』・・・として、アンテナメーカーにブレーキをかけた。

最終の結果として『共用アンテナは右旋のみの広帯域アンテナ』と決定された。

ばかみたいなことだったが、これにより BS・CS110 度共用アンテナの販売が容認されたのが 2000 年の末だった。

即ち、総務省は『CS110 度の右旋は放送とし、左旋は通信とする』との決定だった。

シンプルな決定だったが、これが後を引くことになる。

そして、共用アンテナは右旋のみで広帯域にすればよいとなり、直ちにアンテナメーカーは BS・CS110 度・右旋広帯域アンテナを売り出した。

しかし、直ぐに広まるわけではない。

結局、CS110 度の放送事業者は、視聴者ゼロの市場に向けて放送することになった。

更に、本冊子の 2001 年度版では次のように書いている。

BS がアナログからデジタルに 2000 年に変わっている。

BS デジタル受信機を購入した客の 5 割近くが、受信アンテナを買い換えている。

このキャンペーンの時に BS・CS110 度共用アンテナを売ってしまえばよかったのに。

惜しいことだ。

2001 年の専門誌『サテライトマガジン』に次期 CS、即ち、CS100 度放送に参加する会社の社長のインタビュー記事が掲載されており、夢が語られていた。

ここに至っても、社長たちは受信アンテナが存在していないこと知らなかったようだった。

その半面で多くの技術者がアンテナの問題を認識していたのだろう。

技術者は分かっているのだが、社長は知らなかった・・・ということは衛星ではよくあることだ。

例えば、1993 年に、LEO フィーバーに乗せられて、京セラ主体の日本イリジウムが設立された。

この日本イリジウムの場合にも、社長は『日本国中をイリジウムの衛星携帯電話で席卷してやろう』・・・と考えた。

その一方で、会社の技術者は衛星回線数が『日本全国で、たったの数千回線でしかないこと』、即ち、『イリジウムはグローバルで考えるもので、日本だけでは事業にならないこと』を知っていたはずだ。

私も、当時の週刊誌、日経コミュニケーションに頼まれて LEO の記事を書いた。

記者は『よいしょ記事』を望んだのだろうが、私は日本ではなく『グローバル』で役立つものだと書いた。

ある方からは、『日経が、よくあの文章を、そのまま載せたね』と言われた。

日本イリジウムの技術者は、どうせ社長の道楽だと考えたのかもしれない。

私の記事の、2、3 年後に、日本イリジウムは解散している。

イリジウムについてももう少し書く。

米国のオーナーであるモトローラも、赤字で、イリジウムの維持費がかさむとして、衛星を大気圏に突入させて燃やしてしまうと発表した。

グローバルでも、事業は難しかったようだ。

ここで米軍が、助け舟を出し、事業は維持されることになった。

米軍は、地球の裏側の中東で飛行する F16 のパイロットとの回線を維持したかったようだ。

そして、日本では KDD が、2005 年に日本でのイリジウムサービスを再開している。

但し、日本に高額なハブ局を建てることはしなかった。

サービスは、次のルート、即ち、米国西海岸のハブ局を経由して提供されている。

イリジウム携帯電話→→衛星間中継→衛星→米国西海岸のハブ局→→海底ケーブル→→日本

の経路でのサービスだ。

この KDD のイリジウム再開に関する公開資料を見て唖然とした。

イリジウムは、その容量を隠してきたのだが、この公開資料で、その一端が見えた。

周波数 104 波

最大運用局数 1500 局

日本全国で同時通話が 1500 なのか？

・・・いずれにせよ、こんなものだった。

これで、日本全国の携帯電話サービスを席卷しようとしたのが、日本イリジウムだった。

技術者は、これを知っていて、きちっと社長に報告しなかったとしたなら、背任行為ともいえる。

CS110 度においても、『視聴者ゼロ』を知っていながら、社長に告げなかったとしたなら、それも同じことだろう。

さて、CS110 度の話はまだ続く。

2001 年に CS110 度の右旋放送がそうそうたる企業の夢を乗せてスタートするのだが、2004 年での加入者はわずか 10 万世帯以下と低迷した。

そして、参加した事業者の解散が相次いだ。

そこから CS110 度の放送がどれだけ進展したのかは知らないが、10 年以上を経た 2014 年に再度アンテナの問題が持ち上がった。

これまでは右旋だったが、これからは左旋の問題だ。

即ち、2001 年では CS110 度の右旋を放送とし、左旋は通信とすることにより右旋専用の BS・CS 共用の広帯域アンテナを家庭に販売することで結論が付いた。

以後、通信用と規定された CS110 度左旋のトラポンはほとんど使われないまま放って置かれた。なぜ使われなかったのか？

それには、CS110 度衛星特有の理由があった。

CS110 度のアップリンクは直線偏波、ダウンリンクは放送用の円偏波であり、双方向通信で、そのような VSAT はないし、そもそも通信には向かないトラポンだったからだ。

4K／8KとCS110度衛星

2014 年に 4K／8K 放送の議論が始まった時に、総務省が目をつけたのが、CS110 度衛星の左旋トラポンだった。

皮肉を込めて言えば、総務省が空かせておいたトラポンだった。

さて 2014 年以降の問題は、この CS110 度の左旋が加わった新しいアンテナだ。

ややこしいが、BS・CS・右旋・左旋・広帯域共用アンテナだ。

CS110 度の左旋を 4K に使う・・・と総務省が宣言すればシンプルで、CS110 度の左旋トラポンが一躍主役に躍り出て、やっと日の目を見ることになった。

しかし、そう簡単に総務省は進ませてくれなかった。

まず 2014 年に 4K／8K 放送の議論が始まったのだが、その後の顛末を示す。

2015 年にスカパーの 4K の試験放送が始まった。

こちらは直線偏波なので、CS110 度のアンテナ問題とは関係ない。

BS と同じ円偏波で 4K に使えるトラポンが CS110 度左旋以外にはない・・・と思われた。

しかしそこで、タイミングよく、東北大震災の時から行っていた難視聴対策『衛星セーフティーネット』がちょうど 2015 年に終了し、BS の右旋トラポン 17ch が空いたのだ。

トラポンは、1 本で 4K の放送 3 チャンネルを可能とする。

その BS17ch で 2016 年に BS・4K の試験放送が始まった。

しかし、BS17ch の 4K、3 チャンネルだけではお話にならない。

そこで『CS110 度の左旋があるではないか』・・・となり、2017 年に CS110 度・左旋の 4K 試験放送が始まった

この年から、BS/CS、右旋・左旋共用のアンテナの販売が開始されることになった。

CS110 度左旋・4K フィーバーが起こるか・・・という時に、総務省がまたまた冷や水をかけた。

総務省は BS デジタルの、既存の放送業者を強引に詰めさせ、更にもう 1 本の右旋トラポンを空けさせたのだ。

これで、BS 右旋のトラポンが、17ch に加え、合計 2 本となった。

即ち、BS の右旋だけで 6 チャンネルの 4K 放送が可能となった。

そこに、NHK、BS-TBS、BS 日テレ、BS フジ、BS 朝日、BS ジャパンをはめ込んだ。

これで、BS 右旋だけの 4K 放送の体裁が整った。

この放送を見るのに BS デジタルアンテナを買い換える必要はない。

民放系は、CS110 度左旋への移行を行なう必要がなくなり、ほっとしたことだろう。

一方、新たなアンテナが必用な、CS110 度の左旋放送の魅力は低下した。

アンテナを右旋・左旋対応の新しいアンテナに買い換えてまで、CS110 度左旋・4K 放送を見よう

というニーズは簡単には高まらなかった。

2020 年からは少しばかり様相が変わっている。

国際調整が成功し、2020 年に BS(BSAT-4b)にも左旋トラポンが積まれることになった。

その BS 左旋で NHK の 8K 放送と、その他の 4K／8K 放送の拡充が行われているはずで、右旋・左旋対応のアンテナも売れ始めているのだろう。

この BS・CS・右旋・左旋対応のアンテナが全国に行き渡るのは、2027 年頃になると言われている。

その頃には CS110 度も立派な存在となるのだろうが、衛星打上げの 2000 年から、実に 27 年の歴史を語れる人はいなくなるだろう。

いずれにせよ、CS110 度衛星に居場所が見つかってよかった。

ちなみに、BS 右旋の既存デジタル放送は、2025 年に 4K・8K に移行する予定という。

これで、CS110 度の話はおしまいだ。

ご理解いただけたらうか。

『日本版FCC』

文中で、テレコムさんが『情報通信省』の設立を目指した・・・と記した。

2001 年の省庁再編で、郵政省と自治省、そして総務庁が合併して、総務省となった。

その総務省の中の旧郵政省系のグループはテレコムさんと呼ばれた。

このテレコムさんの夢が『情報通信省』への独立だった。

この夢が『日本版 FCC 構想』によって挫折した。

『日本版 FCC』と『日本版 NASA』は、2009 年の衆議院選に向かう民主党の公約だった。

この『日本版シリーズ』には、追って『日本版 NRC』が加わった。

次のようなことだった。

日本版 FCC : 電波や ICT の利権を担う総務省が、その許認可権をも握っているのはおかしい。

日本版 FCC として、総務省の規制部門を独立させ、別組織とする。

日本版 NASA : 日本版 NASA を設立し、複数の省庁にまたがる宇宙行政を内閣府に一元化し、省庁の縦割り行政を排除する。

これを霞が関行政改革の一端とする。

日本版 NRC : 原子力発電の利権を担う経産省が、その許認可権を握っているのはおかしい。経産省から規制部門を独立させる。

そして、民主党が、この公約をかざして、2009 年の衆議院選で勝利した。

この『日本版 FCC 構想』で、総務省内のテレコムさんは、独立どころか、分裂解体を覚悟した。

ところが、首を洗って待っていたところ・・・『あれれ』である。

民主党の初代総務大臣の原口さんは、『組織は守る。分割は許さない』と言い始めた。

これは総務省だけではない。

文科省の高木大臣も『文科省の原子力安全部門を日本版 NRC に移管する考えはない』と言い始めた。

民主党の議員であっても、大臣になると、人が変わってしまうらしい。

この原口総務大臣だが、まず『光の道』構想を打ち出した。

光ファイバーを全国隅々に引きまくる・・・として既に作成されていた自民党の補正予算案の見直しに際し、満額回答をした。

これによって、ファイバーケーブルの工事会社は特需に潤うことになった。

また次のような『原口ビジョン』を発している。

政府が、ファイバーを敷設する専門会社を設立する。

その専門会社は、政府の資金支援を背景として、NTT の基幹回線と家庭を結ぶラストワンマイルをファイバーで敷設し管理する。

そして、NTT や通信各社に公平な条件で貸し出す。

そして、現在 30%のファイバー加入率を、2015 年までに 100%とする。

これに大喜びをしたのがソフトバンクの孫社長だった。

その反面、地域のラストワンマイルを整備せよと言われた地方自治体はおおわらわとなった。

ところが、1 年経ったかどうかの 2010 年 9 月に、民主党の内閣が変わり、菅内閣になると、原口さんに変わって、片山総務大臣が登場した。

この片山さんは、『通信・放送への関心が薄い』と言われていた。

この時、ソフトバンクがおかしなテレビ・コマーシャルを流している。

『ソフトバンクの販売店で、女性が無意識に B 案を指さしてしまう。』

B 案というのが原口さんの推進していた『原口ビジョン』だった。

しかし、片山総務大臣は『原口ビジョン』を無視した NTT 寄りの骨子案を出した。

そして、孫社長は次のように言った。

『閣議決定されていた 2015 年・光の道の完成に片山さんの骨子案は何ら答えていない。期限も伴わず”ザル”になる可能性がある。』

結局、民主党政権自体が続くことがなく、孫社長のご指摘のように、ザルになってしまった。

いずれにせよ、このようにして『日本版 FCC』は消滅してしまった。

そして、かき回されたテレコムさんに『情報通信省』への独立の意欲は失われてしまったようだ。

『日本版 NASA』では『宇宙戦略委員会』が設置された。

当初は『文科省の影響を排除し、JAXA を解体する』と鼻息が荒かった。

ところが、委員会を構成するメンバーの大臣がコロコロと変わり、尻切れトンボとなった。

この宇宙戦略委員会が宇宙基本方針を発表した。

その基本方針で『2009 年以降の 5 年間で 34 機の衛星を打上げる』とした。

この数合わせで、内閣府が望んだ準天頂衛星 7 機体制が決まった。

よく分からないが、そのあおりで、『はやぶさ 2』の予算がカットされたという。

なんとも無茶苦茶な感じだ。

ところで、準天頂衛星『きずな』の所轄が経産省から内閣府に変わったのも、この民主党政権の時で、経産省はホッとし、内閣府は『しめしめ』と思ったのかもしれない。

『日本版 NRC』は、『経産省が原子力発電の利権と許認可権の双方を握っているのはおかしい』といった同じような理論で検討が始まった。

2011 年に東北大震災が起こったこともあって、文科省の抵抗以外は順調に進んだ。

経産省から原子力安全保安院を分離させ、環境庁の外局として、『原子力規制庁』を設立することを閣議決定した。

経産省の原子力安全保安院には、古くからの本書の読者がいたのだが、この改変以降音信が途絶えてしまった。

『ICT防災・2013年の変』

本項はブロードバンドからスタートしているのだが、防災の世界にも ICT 防災として、ICT が浸透しつつある。

防災は従来、特殊な仕様で壁を作る防災村によって守られ、ICT をかたくなに拒否していた。

防災村を構成するのは次の 8 社で、そのまま『防災 8 社』と呼ばれた。

パナソニック、東芝、三菱、NEC、日立（日立国際）、富士通（富士通ジェネラル）、沖電気、日本無線の 8 社だった。

この防災村は、総務省のテレコムさんではなく、同じ総務省でも旧自治省系の消防庁により守られて、テレコムさんの提唱する ICT 防災をはね退けていた。

ICT が防災に入るきっかけになったのは、意外なことに、ICT を推進するテレコムさんが目の敵にしている『J アラート』だった。

J アラートが、なぜ ICT 防災のきっかけになったのかの顛末を振り返る。

J アラートでは、衛星で定期的に自治体に警報を配信する訓練を行っている。

それを見ていた会計検査院が、2013 年に、『J アラートが有効活用されていない』とクレームをつけた。

『役場で J アラートを受信するだけで、住民への伝達手段を持たない役場が多い。』

この会計検査院の指摘により、警報をスピーカーで知らせる防災行政無線が高額過ぎて、導入できない自治体が多数あることが明白になり、問題にされた。

防災行政無線は防災村の利権の象徴で、それに会計検査院が突っ込みを入れたわけだ。

そして、もっと安価な住民への伝達手段はないか・・・という模索が始まった。

これにテレコムさんが食いついた。

J アラートの送信設備は、理経という小さな会社から提供されていたが、それがテレコムさんの仲間の NTT に移行していたこともタイミング的に大きかった。

そもそも『理経』などという防災村に属さない会社を、J アラートなどという防災の基幹に入れてし

まったのが、防災 8 社の間違いだったのだろう。

そして、理経の後釜に NTT が入ってしまったのが、防災村にとって更なる問題となる会計検査院を呼び入れてしまうことになった。

この会計検査院の指摘の頃から消防庁も、テレコムさんの圧力に屈し、ICT に傾きつつあった。

この 2013 年に消防庁とテレコムさんが ICT 防災の実証実験として、別々に公募を行った。

同じ総務省なのに、別々に実証実験を行うという事実を見れば、消防庁とテレコムさんの関係が想像できる。

即ち、それまでの消防庁は、防災村と同じく、ICT 防災を避ける立場をとっていた。

この実証実験において、消防庁の実験の予算が 9・5 億円で、テレコムさんの予算が 12・2 億円だった。

ここでも総務省内での力関係が分かる。

即ち、テレコムさんの圧力は強力だった。

消防庁の公募は、『防災行政無線以外の多様化実証実験』という。

テレコムさんのは、『多様な通信・放送手段を連携させた多層的な災害情報システム』という。

テレコムさんであっても、この時は、まだ ICT の言葉を用いていない。

消防庁の採用は 6 の自治体だった。

前面に立ったのは自治体だが、実質的には下請けの企業が受注した。

この 6 件とは、NTT が 3 件、パナソニック、沖電気、理経が各 1 件だった。

即ち、NTT が進出し、防災村からは、辛くもパナと沖の 2 社が入り、メンツを保った。

テレコムさんの採用は、NTT データが取り仕切る 1 つのグループが 12.2 億円一括だった。

このグループには、NTT データの他、NTT ドコモ、東北大学などが参加した。

このテレコムさんの実験には防災 8 社の影も見えない。

これらから分かるように、この二つの公募が、NTT が防災に参入する、大きなきっかけとなった。

以後、緊急メールなど ICT 防災が広まったのは周知のとおりだ。

これらのきっかけになった 2013 年は、防災における『2013 年の変』とも言えた。

2013 年当時の総務大臣は、新藤さんだった。

新藤総務大臣は、この年にインドネシアをトップセールスで訪問している。

そして、ICT 防災のインドネシアでの導入に向け協力する確認文書に署名した。

新藤さんは帰国後に、テレコムさんに『ICT 防災』について『何かないか？』と問うたが、『輸出できるものはない』ということで、何らのフォローもなく終わってしまった。

但し、テレコムさんは慌てて、次の提案募集を行った。

『60MHz 帯デジタル同報系防災無線の低廉化についての提案募集』

この募集に、次の前提条件を付けた。

『特定のメーカーのみが製造できるものでないこと。』

即ち、60MHz 防災行政無線を独占してきた防災 8 社の防災村に、テレコムさんが殴り込みをかけた形だ。

この提案募集が、その後どうなったのか残念ながら私の記憶にない。

但し、テレコムさんではないが、消防庁が次の 3 つの仕組で屋外拡声器を鳴らす場合を補助金の対象とすると 2016 年に発表している。

280MHz 帯電気通信業務用ページャー(旧ポケベル)

FM 放送

V-LOW マルチメディア放送(V アラート)

280MHz は旧 YOZAN で、現東京テレメッセージだ。

V-LOW は東京 FM 主導のプロジェクトで破綻したのだが、V アラートは現在どうなっているのだろうか。

ところで、新藤さんが合意文書を交わしたインドネシアといえば、一つの感慨が浮かぶ。

『J アラート』の名称が生まれるきっかけが、実はインドネシアだった。

丁度『13 年の変』というか、新藤総務大臣がインドネシアを訪問した更に 10 年前の 2003 年に

起きたインドネシアのスマトラ沖大地震に際し、京都で国際会議が開かれた。

これに参加したのが麻生総務大臣だった。

しかし、全く主導権を取れず、ドイツに成果を持って行かれた。

会議後、麻生さんは、消防庁のスタッフを集め、『何かよいものはないのか』とたじた。

そこで、消防庁のあるスタッフは、『全国瞬時警報システムという仕組みが、現在推進中です』と答えた。

以降、『麻生安心・安全ビジョン』で、このシステムに対し J-AJERT という言葉が使われ始めた。消防庁から『誰が J-ALERT と名付けたのか？』と質問を受けたことがあり、当時の消防庁のご担当にも聞いたが、今でも J-ALERT の名付け親は不明のまま。

10 年後の 2013 年に新藤総務大臣が聞きたじたのが、消防庁ではなく、テレコムさんだった。新藤さんにとって『ICT 防災の ICT と言えばテレコムさん』で、それ以外には思い浮かばなかったようだ。

もし、この時の総務大臣が麻生さんだったなら、J アラートを提案したことだろう。

しかし、新藤さんは、ICT と言えばテレコムさんで、J アラートと言えばミサイルだと、単純に思っていたのだろう。

本書で紹介しているように、J アラートはミサイルだけでなく、そもそも緊急地震速報がスタートだった。

更に、自治体とリンクして、日本の ICT 防災に貢献している。

これを新藤さんは知らなかった。

そして、麻生さんだったら、本書が提案してきた『国際 J-ALERT』も実現したかもしれない。

同じ 2013 年に公明党の太田国交大臣がミャンマーを訪れ『ミャンマーと防災協働対話』で合意したという。

総務省と国交省の大臣同士が張り合っていたのでは、面白いアイデアも浮かばない。

ここで取り上げた J アラート自体は ICT ではない、旧システムだ。

だが、既述のように、ミサイルや緊急地震速報などの気象情報を自治体に結び付け、これに色々な ICT がくっついて、現在に至っている。

本書の旧来の読者はご存じだろうが、J アラートは私が消防庁と協力して作り上げたシステムだ。J アラートは、ミサイルなどの国民保護警報が本質なのだが、気象や地震の警報も、気象庁のサーバーとも直結し警報を発する。

即ち、かなりのコンテンツを国交省、即ち気象庁に頼っている。

J アラートは、総務省と国交省が合体した斬新的なシステムと言える。

それが気に食わないのが、新藤旧総務大臣が相談した相手のテレコムさんだった。

そして、テレコムさんが、J アラートに対抗して作り上げたのが L アラートだ。

新藤さんにつつかれて作ったのが L アラートと言える。

L アラートは、『公共コモンズ』として進められてきたが、ネームバリューがないとして L アラートと名称を改めて現在に至っている。

L は Local の L だ。

L アラートでは、自治体が災害を確認し発する警報を県庁が集め、それを、放送会社を通じて民間に知らせる。

国交省に頼らずに、自治体や放送局など、総務省の管轄内で完結する……というのがテレコムさんの自慢だ。

但し、L アラートにおいても、ミサイルなどの国民保護の警報は J アラートに頼っている。

頭隠して尻隠さずだ。

さて『2013 年の変』に戻る。

この 2013 年の ICT の変は防災村にとって強烈なパンチだったが、同年の年末にもボディーブローが入っている。

公正取引委員会が防災村の N、O、H、J、F の 5 社に立ち入り検査を行った。

消防救急デジタル無線の入札で談合を繰り返した疑いだった。

消防無線も、防災行政無線と並び、防災村の大きな利権だ。

消防無線とは、消防士や自治体の危機管理担当が持つトランシーバのような無線だ。

当時、この消防無線のアナログ方式からデジタル方式への移行が、自治体で進められており、防災村にとっては大きな市場だった。

この消防無線のデジタル化に際しても、防災 8 社のごり押しで、当時でも昔の技術と言われる SCPC が推奨され、総務省が採用した。

米国メーカーのモトローラの方が『古くて非効率な仕組みだ』と言って、悔しがっていた。

この 2013 年には衛星携帯電話のフィーバーが起きている。

東北大震災の後で、防災や BCP の機運が高かったのだろう。

この年、内閣府が、『衛星携帯電話・導入補助金制度』を設けた。

自治体の衛星携帯電話の導入費用の半額を助成するということだった。

しかし、『導入費用』ではあまり意味はなかったようだ。

例えば、KDDI は、自治体での衛星携帯電話の導入の入札に『1 円入札』を行ったという。

ハードウェアより運用費を狙ったということだろう。

このブームの時の衛星携帯電話はイリジウムや、ドコモのワイドスターではなく、インマルサットのアイサットホーンだったと思う。

アイサットホーンは KDDI 以外に、JSAT も取り扱っていたようで、JSAT では社内でも配ったと聞いたことがある。

ところで、S バンドの項でも記したが、『2GHz 帯を利用する移動衛星通信システム』として、総務省の審議会で検討されたのも衛星携帯電話で、2013 年のことだった

いくつかの案が出ていたと臆している。

どの案でも、日本全国でどれだけの回線数が確保できるかが問題にされた。

最終的に、『STICS 計画』としてソフトバンクと NICT が、この審議会を引き継いだ。

そして、直径 20m もの大きなアンテナを搭載した静止衛星を 2020 年に打上げることになっていた。

あれも衛星電話フィーバーの終結とともに消滅したのだろうか。

LEO(低軌道周回衛星)

最近の LEO の動向を示す。

スターリンク

始めから余談でスタートする。

冒頭の『序』でも記しましたが、松浦機械の社長が入手したスターリンクの端末と、更に以前から持っていた IP スターの端末を用い、徳島県牟岐町の役場と連携した防災訓練を、今年の 2 月に行った。

松浦社長は衛星や長距離無線 LAN を用いた防災訓練を、徳島県庁などをはじめ支援している。更に社長が牟岐町の鬼ヶ岩に温泉を持っていることから、この訓練が実現したその関係で、牟岐町と防災訓練を行うことになった。

日本各地で行われる防災訓練ではスターリンクを用いるケースも増えて行くのだろうが、松浦機械の主導した牟岐町の防災訓練が、スターリンクを用いた日本で初めてのことだろう。

さて、スターリンクはテスラのオーナーであるイーロン・マスク氏の傘下にあるスペース X 社が世界で推進している。

12000 基の LEO を三つの異なる高度に打ち上げ、世界をカバーする。

計画は各高度に 3 段階で打ち上げる予定で、第 1 段階では 540～570km の軌道に、LEO を 1600 基打ち上げる。

この第 1 段階の LEO では、衛星・ユーザー間のサービスリンクに Ku バンドを用い、そして衛星・基地局間のフィードリンクに Ka バンドを使う。

Ku バンドのユーザー端末は 55cm 径のフラットアンテナでフェーズドアレーの自動追尾アンテナであり、アンテナ自体は固定設置でよい。

実物を見たが、おもちゃのような、簡単な Ku バンドのアンテナだった。

但し、周回衛星を終始電子ビームで追かけるので、全天で障害物がないことが好ましい。

どれだけ天空がカバーされてもかまわないのかは、実験で確認してみしてほしい。

一方、ハブ局は Ka バンドのパラボラアンテナで、メカニカルの追尾アンテナが用いられている。

8 基の Ka バンドのパラボラアンテナが、代わる代わる周回衛星を機械的に追尾する。

衛星間はレーザーで通信するとのことなので、ハブ局の配備は、それほど密でなくてもよいのではないかとと思われる。

日本のハブ局は山口市、秋田市、茨城県ひたちなか市の 3 か所に設けられる。

ハブ局としては、全天が空いてなければならないようで、基地局の場所探しには苦労したようだ。

スターリンク以外の低軌道周回衛星プロジェクトの担当者も基地局の場所の選定に苦労しているらしい。

スターリンクは、その長期計画の第 1 段階の途中にある。

第 2 段階では、1,150km の軌道に LEO を更に 2800 基打ち上げる。

昨年 12 月の時点で 3612 機を打ち上げているので、既に第 2 段階に入っている。

第 3 段階では 340km の軌道に V バンドの衛星を 750 基打ち上げる。

10 年に及ぶ計画で、総額は 100 憶ドルという。

日本では、事業の立ち上げに際し、KDDI がサポートしている。

日本で開始された個人向けサービスだが、月額 1 万 2300 円で、ユーザー端末(地球局)は 7 万 3000 円とのことだ。

これは北米で展開する HTS(High Thruput Satellite 静止衛星)の ViaSat やヒューズ(HNS)の衛星インターネット・サービスと横並びの価格だという。

LEO の低軌道は、静止衛星よりも遅延時間が短いというメリットがある。

スターリンクの個人向けサービスの他、KDDI がサービスするのがスターリンク Business だ。

スターリンク Business では、回線の割り当てが優先的に設定されているため、混雑時でも個人向けサービスよりも高速に通信できるという。

通信速度は受信が 150~500Mbps で、送信が最大 40Mbps で、遅延は 20~40ms という。

スターリンク Bussiness の月額サービス料金は 5 万 7000 円で、アンテナ端末の料金は 29 万円とのことで、個人向けよりは高くなっている。

いずれにせよ、個人向けサービスのアンテナや衛星モデムを含めた地球局の価格が直販タイプで 7 万 3000 円とは驚きだ。

家電としては少々高いが、20 年前に想定されたフーズドアレーアンテナの 1 千万円以上に比べたら驚異的な価格だ。

私にとっては『魔法を使った』としか思えない。

現在進行中の個人向けサービスでは、受信 100Mbps 以上、送信 20Mbps 以上が取れているようだ。

ところで、驚いた記事が 2 月の 27 日に出ていた。

都庁がスターリンクを試験採用・・・という記事で、2 億円の予算を確保したという。

いくら何でも 2 億は高すぎるのではないか・・・??

記事の中身を見ると、サービスは KDDI の Bussiness タイプだ。

そして、端末の代金は 43 万円で、回線料は 8 万円と、既報の情報からは上がっている。

それにしても”億”はないだろうと読み進めると、固定式のアンテナの利用料が月額 8 万円、移動式なら 16 万円・・・と訳の分からない料金体制になっている。

一方、松浦社長が Web で入手したスターリンクの個人向け直販タイプの端末料金は約 8 万円、月額利用料は約 1 万円・・・と以前の情報通りだ。

そして、これを防災訓練のために、移設すると、地球局の移転費用が 2000 円・・・という。

東京都の試験採用で 2 億円ということだが、この直販タイプなら、東京都の全市町村にバラまいても、億には届かないだろう。

日本の防災ではないが、日本固有の価格体系があるのだろう。

ところで、スペース X は、昨年 12 月に衛星とスマホが直接通信できる装備を衛星に搭載する認可を求めて、FCC(米連邦通信委員会)に申請書を提出した。

後述のスペースモバイルと同じ発想だが、スペースモバイルは 64 平方メートルという大型アンテナを衛星に搭載することで、スマホとの直接通信を達成する。

スターリンクがどんな技術を使うのか興味深いが、現時点では不明だ。

アップルが低速データで、衛星・スマホ直接通信を達成しているので、スターリンクも同様に低速データ通信かと思ったが、そうでもないらしい。

スターリンクは携帯大手の T-Mobile と提携しており、音声、メッセージングで 3Mbps を達成するという。

フェーズド・アレー・アンテナで 7 万円という信じられない価格を達成したスペース X だから、何らかの秘策があるのだろう。

アップルの低速データは、防災用と考えられるが、衛星で低速の防災データと言え、準天頂衛星の 250bps の『みちびき 3 号衛星安否確認システム』を思い浮かべる。

わざわざ、準天頂衛星を使わなくても、スマホで衛星安否情報が得られる時代が来るのだろう。

さて、スターリンクだが、米軍とも連携しており、測位衛星 (GPS) への代替えや、弾道ミサイルを追尾する衛星、則ち、早期警戒衛星の代替えの可能性を研究しているという。

OneWeb

OneWeb では 1200km の軌道に、648 機の LEO を打ち上げ、衛星インターネットのサービスを 2019 年にもスタートする……はずだった。

ソフトバンクがメインで 19 億ドルを出資し、コカコーラやエアバスなども出資していた。

そして、サービスに向け日本の総務省でも、地球局の技術仕様の審議会が開かれていた。

その審議の真っ最中の 2020 年 3 月に 648 機に達する途中の 74 基の LEO が打ち上がった時点で、突然、ソフトバンクがプロジェクトから手を引き、チャプター 11 が公表された。

但し、OneWeb は消滅しなかった。

英国政府が主導するコンソーシアムが、OneWeb を引き継いだ。

コンソーシアムにはインドの通信企業が出資した。

紆余曲折を経て、ソフトバンクも再度復帰することになっている。

2022 年の 2 月までに 428 機を打ち上げた。

そして、2022 年中には目標の 648 機に達する予定だった。

2022 年 3 月 4 日に 36 機を、ロシアのバイコヌール宇宙基地から打ち上げる予定だったが、突然に中止となった。

ロシアのウクライナ侵攻がその理由で、36 機の衛星は没収されたままだ。

これにより、OneWeb は 310 億円の損失を被ったという。

残りの衛星は、2022 年 10 月にインドの GSLV ロケットで 36 機が打ち上げられ、総数は 462 機になっている。

また、昨年 12 月には、追加の 40 機が競合であるスペース X の Falcon9 で打ち上げられた。

当初、サービスインは北緯 50 度以上がまず初めで、日本を含めた全世界をカバーするのが 2022 年の末の予定だったが、既に後ろにシフトしている。

2021 年の実験では、下り 200Mbps 上り 30Mbps を実現しているという。

ユーザー端末のアンテナは、iPad の 2.5 倍ぐらいのサイズのフェーズド・アレー・アンテナで、衛星の軌道を自動計算し、追尾するという。

端末のサイズとしては、スターリンクよりも小さいようだ。

価格は、スターリンクを意識した価格になるのだろう。

英国政府は衛星インターネットのサービスに加え、OneWeb の持つナビゲーションなどの測位機能に興味を持っているとも言われる。

測位衛星には米国の GPS、中国の北斗、ロシアのグロナス、そして EU のガリレオがある。

更に加えるなら、日本の準天頂衛星『きずな』もこれに入る。

英国は、EU のガリレオからも独立した独自の GPS を OneWeb に望んでいるのかもしれない。

スペースモバイル

このスペースモバイル計画は、米国テキサスの AST Space Mobile 社が推進し、楽天が大株主として出資している。

昨年 9 月に試験衛星『Blue Walker 3』が打ち上げられ、その打ち上げ前の写真が公開された。

他のプロジェクトと異なるのは、693 平方フィートという大型のフェーズド・アレー・アンテナを衛星に搭載することで、地上のユーザー端末としてスマホが使える。

即ち、衛星とスマホ間の通信は携帯の周波数バンド 3、則ち 1.7/1.8GHz 帯で、衛星と基地局間のフィーダリンクは Q/V バンドで、下り 37.5~52.5GHz、上り 45.5~50.2GHz で、日本でも総務省が検討している。

日本での基地局数は 2~3 か所と想定され、地理的に住み分けることで、他とのバッティングは防げるとされている。

まずは福岡県に最初のゲートウェイ局を建て、実験を開始しているという。

衛星に搭載する大型アレーアンテナは 280 本のビームを持ち、その 1 本のビームで地上の 24km 径をカバーする。

衛星 2~3 機で日本全国をカバーできるという。

衛星の高度は 730~740km の LEO で、2024 年までに 168 機を打ち上げてサービスを開始する予定だ。

2028 年までには 336 機まで衛星を増やし、全地球をカバーするという。

IOWN Space Computing 構想

次は NTT と JSAT だ。

2022 年 4 月に IOWN Space Computing 構想を実現する会社『Space Compass』を設立した。

IOWN は Innovative Optical & Wireless Network の略で、光と電波のネットワークだ。

それに宇宙を加えたのが当プロジェクトだ。

即ち、IOWN の NTT と、宇宙のスカパーJSAT が提携し推進するのが IOWN Space Computing 構想で、宇宙統合コンピューティング・ネットワークを構築するという。

地上の光・Wireless ネットワークと、成層圏を飛行する HAPS、宇宙空間の低軌道衛星、そして静止衛星を結合する・・・という壮大な構想だ。

構想の第 1 段階は『宇宙センシング』、第 2 段階は『宇宙データセンター』、そして第 3 段階が『宇宙 RAN(Radio Access Network)』となっている。

本稿のブロードバンドの観点としては、第 3 段階の『宇宙 RAN』がこれにあたるのだろう。

第 1、第 2 段階のサービスは 2026 年に、第 3 段階は 2028 年にサービスを開始するとのことだ。

アマゾン

『プロジェクト・カイバー』と言い、高度 600km に 3236 基の LEO 衛星で、北緯 56 度から南緯 56 度をカバーする低遅延の衛星通信網を構築するとして、FCC から認可されている。

FCC は、認可の条件として、2026 年までに衛星の半数を、29 年までに残りの半数を配備するよう求めているという。

また、米国通信大手のベライゾン・コミュニケーションが『プロジェクト・カイバー』と提携すると発表している。

83 回のロケット打ち上げを計画しており、28 回のロケットは契約済みとのことで、プロジェクトは順調に進んでいるのだろう。

衛星の打上げには、ライバルのスペース X を使わないようだ。

メタ・プラットフォームズ

『Athena』計画と言い、70～80GHz の E バンドの小型の LEO 衛星を用いた高速衛星インターネットとのことだが、最近の情報はなく、詳細は不明だ。

ICT防災(その2)

『ICT で防災』と言えば BCP(事業継続計画)だ。

東日本大震災を契機に、BCP ブームは到来した。

ブームの当時は、中小企業含め、猫も杓子も BCP だった。

大手企業では、計画を継続的にレビューしているのだろうが、一般的には『のど元過ぎれば』で、その BCP ブームは去ったようだ。

但し、現在でも BCP を堅実に進めているのが携帯電話各社だ。

通信障害が起こると、直ぐに総務省から突き上げが来る。

それ故、地震などの震災で、携帯基地局の光ファイバーのバックホールが断線した際、速やかに衛星経由でバックアップするため、多数の衛星可搬局を携帯各社は保有している。

松浦機械は、この衛星可搬局を携帯各社に納入している。

次がその写真だ。

この可搬局の制御盤でスタートを選択すると、自動で雲台を駆動し、衛星を補足する。



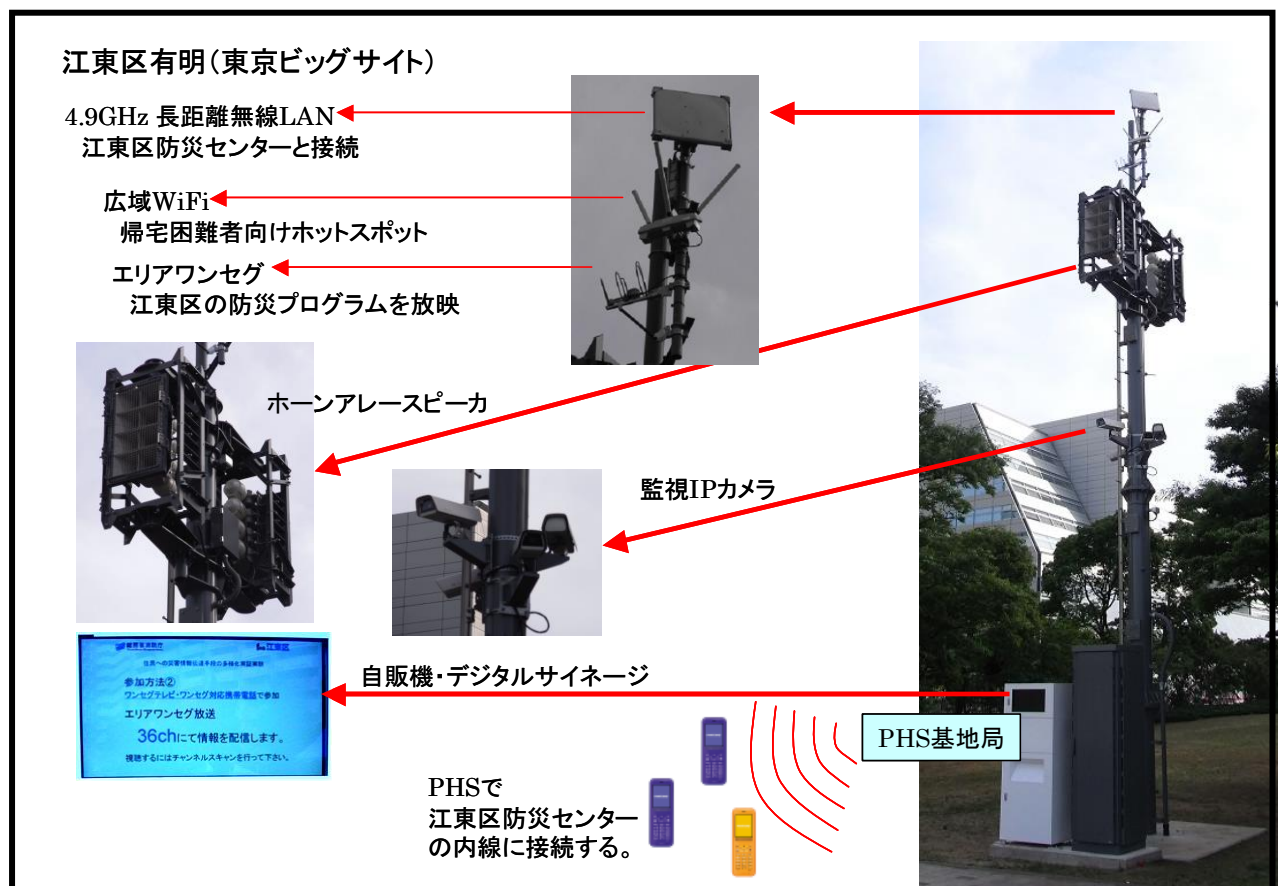
同じく東北大震災を契機に、防災の ICT 化も始まった。

総務省消防庁も、それにプッシュされて、ICT の実証実験を行った。

消防庁は、6 つの ICT 実験の提案を採用したが、その一つが理経の関係した江東区であった。

江東区のネットでは防災行政無線の代わりに、4.9GHz の無線 LAN がスピーカーを鳴らした。

江東区役所から、区内各所にネットを張り巡らせたが、東京ビッグサイトでの様子を写真で示す。



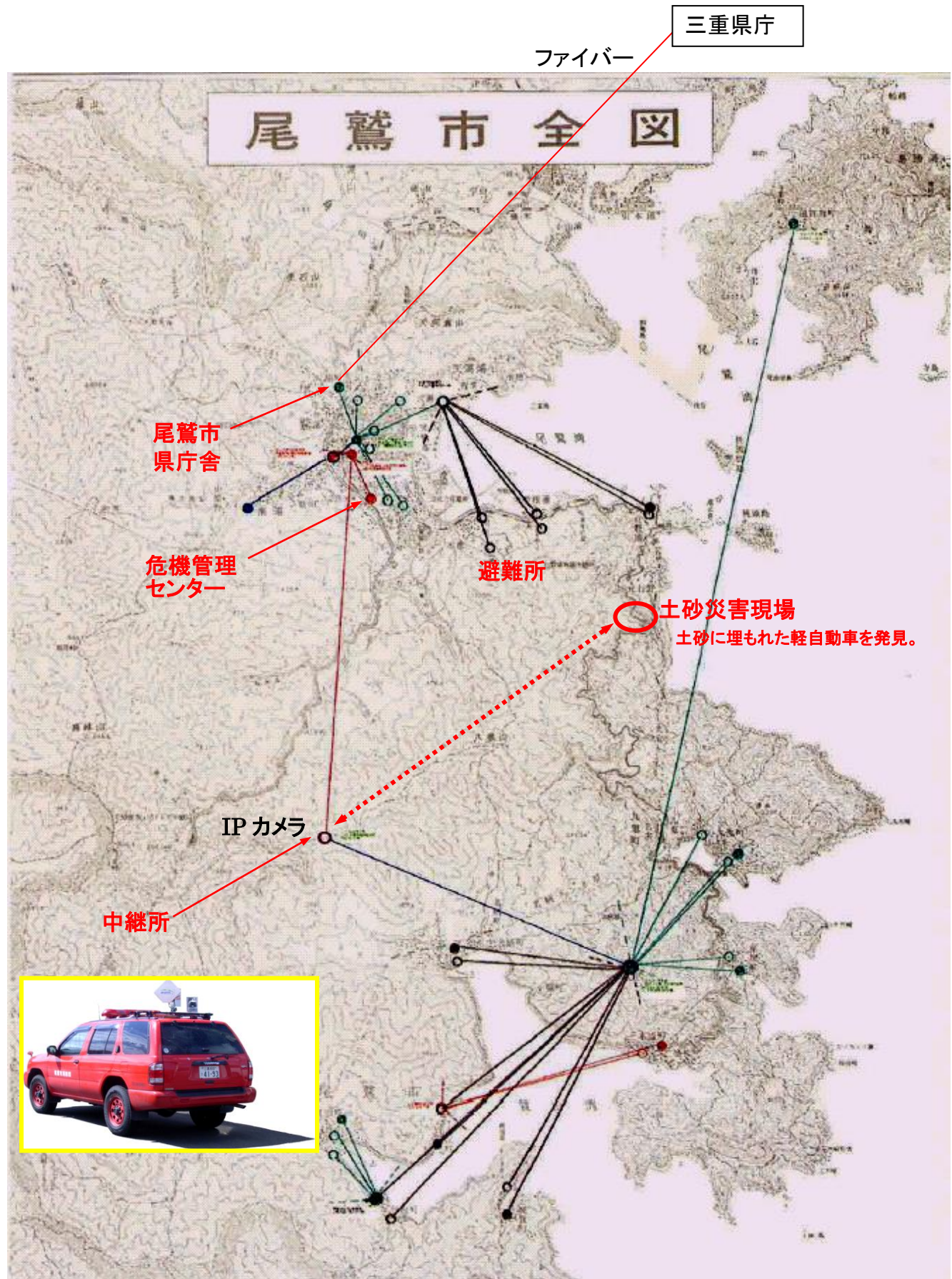
この 4.9GHz の長距離無線 LAN だが、総務省が 5G のために、2025 年に召し上げると宣言している周波数だ。

江東区の後はこの 4.9GHz 無線 LAN を採用したのが三重県尾鷲市だ。

尾鷲市には北村さんという防災無線のプロがいる。

その北村さんから、『J アラートが受信できない』と連絡があり。

その解消法と共に、4.9GHz を紹介したのをきっかけで、次ページに示すネットに繋がった。



北村さんは昨年 10 月に永眠した。

ご冥福をお祈りする。

この尾鷲の北村さんを訪ねたのが、沖縄県豊見城市の防災コンサルで、そこにも広まった。

江東区、尾鷲市、豊見城市、その他、各地で 4.9GHz の車載局を採用している。

江東区 自転車型中継車



WiFi

エリアワンセグ

自販機デジタルサイネージ

IP 告知端末

ホーンアレースピーカ

コミュニティーFM

構内 PHS

尾鷲市 緊急車両



豊見城市 指揮車



徳島県上板町消防団



これらの車載局は松浦機械製作所 <https://matsuura-kikai.co.jp/>が開発した。

また松浦機械が協力した 4.9GHz 無線 LAN を使った防災イベントの事例を示す。

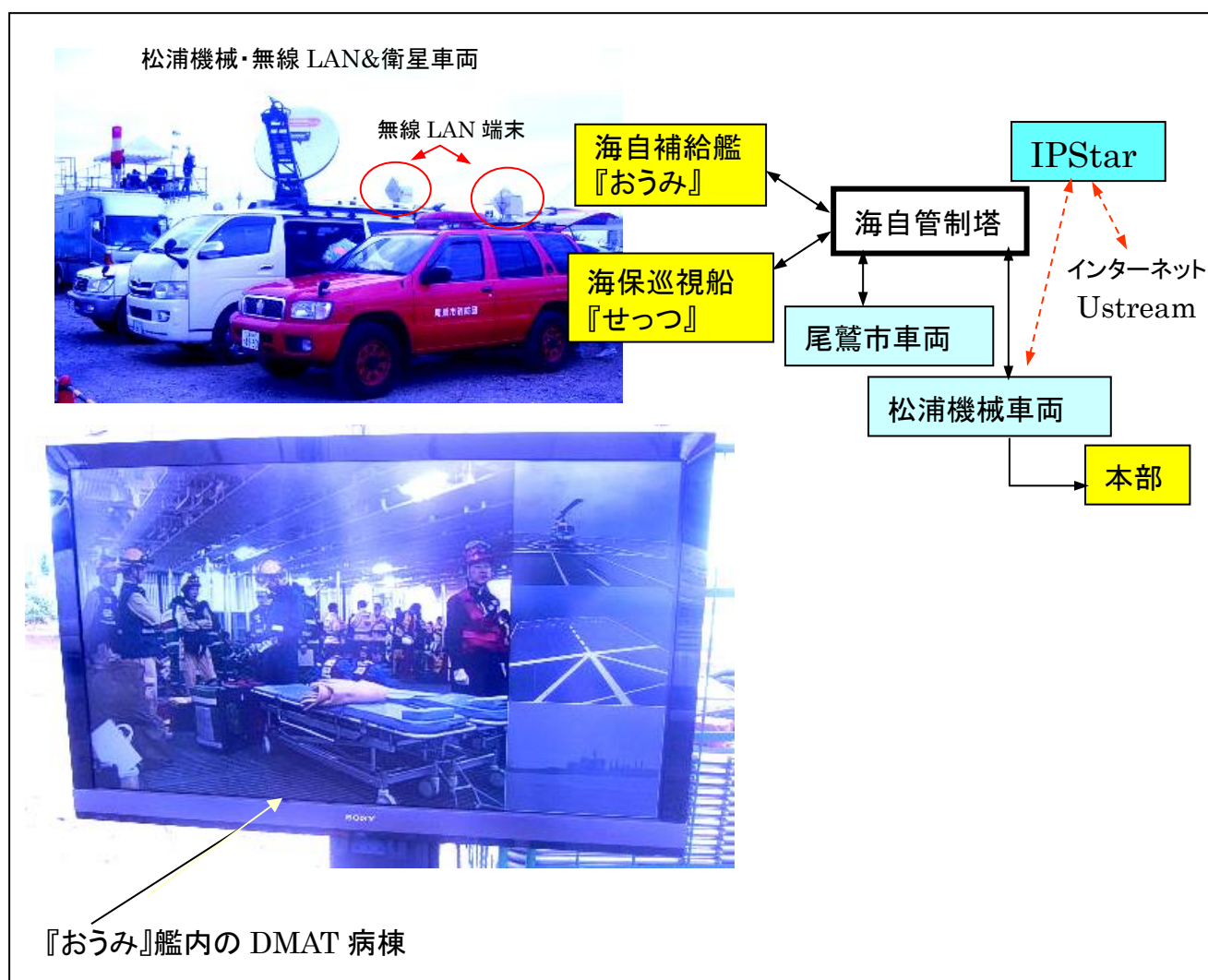
<近畿府県合同防災訓練>

この訓練では、徳島県、福井県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県の 2 府 7 県が参加し、徳島県小松島の会場に集結した。

ここでも長距離無線 LAN が活躍し、被災現場と自衛隊の船舶とを結んだ。

このネットは、松浦機械製作所がボランティアで構築したネットであり、総務省も国交省も感知していない。

また、三重県からは尾鷲市の無線 LAN 車両が参加した。



Siklu社・RADWIN社の高速無線LAN

(以下、理経 中田 追記)

■Siklu Communication 社の無線機器

株式会社理経が代理店をつとめる Siklu Communication 社(本社イスラエル)の提供するミリ波(60-80GHz)帯の無線 LAN システムは、干渉の心配がなく、1G~10Gbps と非常に高速でセキュアな無線接続を可能とする。

パブリック 5G/ローカル 5G の基地局用エントランス無線や Wi-Fi 6 アクセスポイント用の超高速な無線バックホールとして採用されている。

また監視カメラなどの高精細映像の無線伝送ネットワークとしても最適なソリューションだ。

10Gbps Ether の双方向通信を可能とする「EH-8010FX」、免許が不要な 60GHz 無線を使い 1Gbps Ether の伝送が可能な「EH-600TX」、同じく免許不要で 1:8 までの接続が可能な「MultiHaul」に加え、新製品である「MultiHaul Terragraph(TG)」を紹介する。

「MultiHaul TG」は、360° をカバーするメッシュ接続が可能な 60GHz 無線製品だ。

この無線機は 1 台の無線機が一つ当たり 3.8Gbps の四つのセクターからなり、それぞれが 15 台の子機と接続可能だ。親機同士の接続も可能で、設置するだけで接続相手を自動的に見つけ出し、万一の無線リンクの障害の時にも自動的に迂回するなど導入・運用が非常に容易なところが特徴だ。



■RADWIN 社の無線機器

株式会社理経が代理店をつとめる RADWIN 社(本社イスラエル)では、4.9GHz 無線 LAN ア

クセス製品で充実したラインナップを提供している。高機能の 1:n 型親機である JET-DUO、廉価版の RW5000L、長距離での伝送が可能な 1:1 型の RW2000 Alpha などである。これに加え、鉄道車両間、地上間の無線接続用に開発された「TerraBridge」の紹介をする。

この製品は、免許不要な 60GHz 帯のミリ波周波数を使用し、1.5Gbps の高速通信接続を実現できる。

鉄道用に堅牢な設計がされており、無線接続での車両間データの受け渡し、および車両と地上間の接続が可能な製品だ。



本製品は設置面積が小さく、視覚的な影響を最小限に抑えており柔軟な設置が可能となる。

また Wi-Fi (5GHz/2.4GHz) 無線に比べて、他のシステムとの干渉の心配はない。

車両間接続用モデルでは、連結車両が入れ替わった場合には、既存の無線リンクが切断され、スキャンモードに移行し通信相手が見つかったら通信チャンネルを自動選択され、通信が可能となる。

車庫や駅での高速データオフロードや監視映像

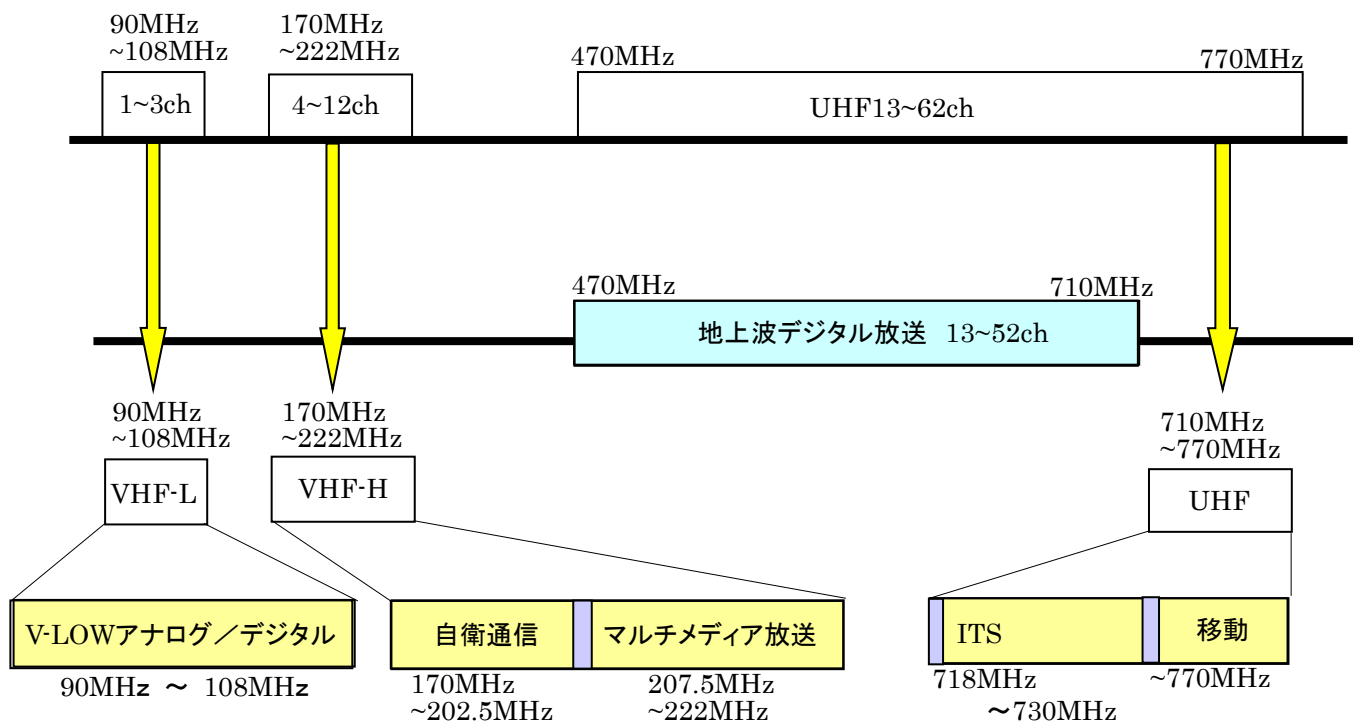
の転送などにも役立つ。

理経では本製品を、鉄道各社を始め、車両メンテナンス会社など鉄道関連の企業へ販売している。

地デジの跡地

2011 年 7 月に地デジがスタートして、はや 12 年が過ぎた。

次の図の上が旧アナログテレビの帯域で、真ん中が地デジの帯域、そして、その下が跡地利用のアプリケーションを示している。



そのアプリを左から追ってみる。

V-LOW アナログは、『ワイド FM』と呼ばれ、AM ラジオ放送の補完として広まっている。

今では、民放は、この FM を主役になりたいと考えているようだ。

即ち、補完どころか FM をメインとし、AM を辞めてしまう方向で進んでいる。

AM ラジオは NHK 総合と NHK 教育だけになってしまう。

更に、NHK は再編で NHK 教育をも辞めてしまうという。

V-LOW デジタルは、東京 FM が推進した『i-deo』で全国に展開し、数年間を持ちこたえた後に

破綻し、解散した。

V-LOW デジタルで、同じく東京 FM が推進した V アラートは、総務省との関係のてまえ、残すと言われていたが、それも消滅したようだ。

V-HIGH の自営通信は防災や公共の用途だ。

そして、防災業界が総務省と 2019 年頃まで、『公共ブロードバンドの高度化』として延々と議論していた。

要は『防災にテレビ映像を持ち込もう』というのが、防災業界の求める市場だ。

しかし、市町村などの公共事業体は、そのアイデアにあまり踊ってはいないようだ。

防災業界は、『いくら議論しても、総務省の補助金がなければ動きようがない』と言う。

いま検索すると一つ発見した。

警察庁が公共ブロードバンド移動通信システムを 23 年度に整備するという。

同じく V-HIGH のマルチメディア放送は NOTTV のことで、やはり破綻した。

NOTTV の跡地は V-HIGH として、総務省で 2019 年頃は盛んに議論されていた。

そして、意見招請を行い、実証実験を行うということだった。

現在、V-LOW の跡地をも含め、どうするか議論は続いているようだ。

UHF 帯の ITS(高度道路交通システム)は検索しても 2012 年あたりのニュースが出るだけで、現在どうなっているのか皆目見当がつかない。

同じく UHF 帯の『移動』は、携帯 3 社に周波数を割り振っているが、昨年ごろまでは干渉問題が残っていたようで、マンションにチラシが配られてきた。

そのチラシによると、古いマンションの共聴システムのブースターは、周波数帯の上限が

770MHzで、跡地の UHF 帯とかぶってしまい、テレビにとっての雑音になるということだ。

これを、上限 700MHz の新しいブースターに変えてもらわねばならない。

この 2 月にも、『700MHz 利用推進協会』からチラシが来たので、未だ過渡期なのだろう。

このように地デジの跡地が、電波利用料として、総務省の収入を潤しているとは言えないようだ。

当時から、電波オークションを採用していたなら、恐らく様相は変わっていただろう。

一昨年に総務大臣が、『電波オークションを検討する』と花火を打ち上げた。

そして、昨年 9 月 28 日に『新たに割り当てられる周波数について、一部条件付きで電波オークションを導入する方針案』を総務省が公表した。

民間に有効活用してほしいとのことだが、いずれにせよ、地デジの跡地は惨憺たる成り行きだ。

衛星の基礎

本冊子は、日本の衛星通信の勃興記から延々と 30 年間続いている。

当時は商社など、文系の方々が衛星通信業界に参入するようになっていた。

本書では、その文系の方であっても理解いただけるように、難しい数式は用いずに、衛星と衛星通信の概要を記している。

衛星の大きな要素は、その軌道であり、また、使用する周波数が大きな要素となる。

まずは、軌道から書き始める。

衛星の軌道

人工衛星の軌道は、次の 3 種類に大別される。

★ 低高度周回軌道 (LEO:Low Earth Orbit) : 高度 400km～

地球観測衛星、偵察衛星、イリジウム、OneWeb、スターリンクなど。

★ 中高度周回軌道 (MEO:Medium Earth Orbit): 高度 8,000km～

GPS(20,000km、周期約 12 時間)、など。

★ 静止軌道 (GEO:Geostationary Earth Orbit) : 高度 36,000km

通信衛星(CS)、放送衛星(BS)、気象衛星(ひまわり)など。

★ 低高度周回軌道は、高度 400km から 1500km 程度で、短時間で地球を一周する。

LEO の内、北極と南極の上空を通る軌道を『極軌道』と言い、地球観測衛星や偵察衛星に用いられる。

LEO の衛星携帯電話のイリジウムがあるが、最近ではスターリンクや OneWeb、AST などといった、高速通信を目指したプロジェクトが目白押しで、ブームとなっている。

★ 中高度周回軌道は高度 8,000km 以上の軌道で、代表的な衛星として GPS がある。

GPS は高度 20,000km、周期 12 時間で、24 機の実機と 7 機の予備衛星からなる。

通信衛星 O3b の高度 8000m も、この MEO に属する。

★ 静止軌道の GEO だが、高度 36,000km で周期が 24 時間、即ち地球の自転と同じとなる。従って、赤道上空 36,000km に衛星を置くと、地球から見ると静止して見える。
ここに、通信衛星(CS)、放送衛星(BS)、気象衛星(ひまわり)などが置かれる。

衛星の地上高と地球を1周する周期の関係を次に示す。

地上高	周期	
100km	1時間26分	低高度周回軌道(LEO)
1,000km	1時間45分	
10,000km	5 時間 48 分	中高度周回軌道(MEO)
36,000km	24 時間	静止軌道(GEO)

この周期は、地球の中心からの距離で算定される。では、『地球の半径は？』と聞かれて即答できる人はほとんどいないだろう。但し、次のことを知る人は多いはずだ。

『光は 1 秒で、地球を 7 回り半する。』

この言葉が、実は非常に正確だ。

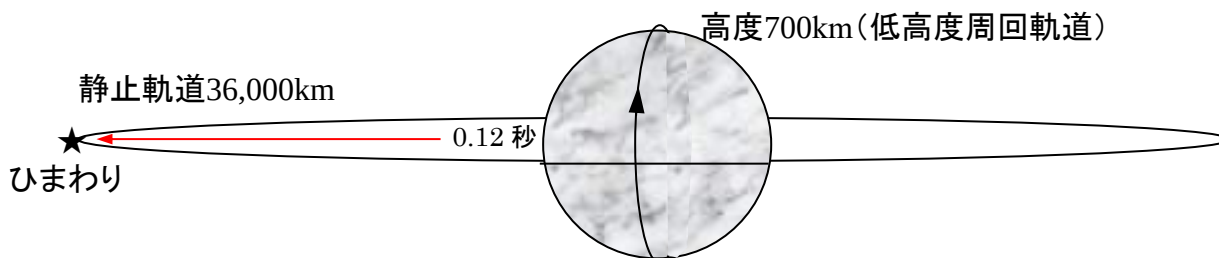
光の速度は『 $3 \times 10^{10} \text{cm/s} = 30 \text{ 万 km/s}$ 』で、これは電波の速度でもある。

『7 回り半』とすると、地球の半径は？

$$\begin{array}{l}
 \downarrow \\
 2\pi R \times (7.5) / s = 3 \times 10^{10} \text{cm/s} \Rightarrow \Rightarrow \Rightarrow R \doteq 6,370 \text{km} \\
 \begin{array}{l}
 6,357 \text{km (極半径)} \\
 6,378 \text{km (赤道半径)}
 \end{array}
 \end{array}$$

『7 回り半』として計算した半径は、極半径と赤道半径の中間を示している。

さて、低軌道周回軌道の LEO と、静止軌道との位置関係を示すと、次の図のようになる。



この概念図に示すように、LEO は、地球にべったりと張り付いている。

従って、地表を近くから観測し、偵察するのに都合がよいし、通信でも遅延が少ない。

一方、遠方の静止軌道からは、精密な偵察はできない。

しかし、雲の動きをマクロに観測するのに都合がよく、気象衛星の『ひまわり』が置かれる。

衛星携帯電話としてイリジウムがあるが、LEO なので、音声の遅延は気にならない。

最近はやりの LEO 高速通信プロジェクトでも、この低遅延を売りにしている。

一方、静止衛星の場合はどうだろうか。

静止衛星の高度は 36,000km であり、次に示すように、片道 0.12 秒かかる。

$$36,000\text{km} \div 3 \times 10^{10}\text{cm/s} = 0.12 \text{ 秒}$$

衛星電話で『もしもし』の声が、衛星を折り返して、相手に届くには 0.24 秒かかり、そして、『はいはい』の返事が戻るには、0.5 秒かかる。

今の国際電話は海底ケーブルなので遅延は気にならないが、昔は衛星電話であり、間延びして喧嘩が出来なかった。

但し、慣れればどうにかなった。

しかし、データ通信の場合には慣れることはない。

データ通信では ACK、NAK といって、『届きましたか？ はい、届きました。』、『届きません。もう一度送ってください。』・・・といったやり取りが通信中に際限なく繰り返され、その都度 0.5 秒だ。

『簡単なファイルの伝送に 1 時間もかかってしまった』・・・といったことも起こり得る。

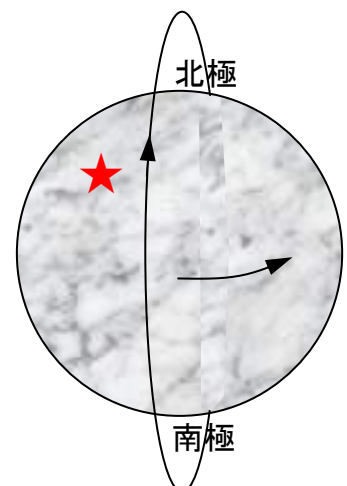
衛星回線では ACK、NAK のやり取りをしないように工夫した、スプーフィング或はアクセラレーションというテクニックが使われる。

さて、低高度周回軌道 LEO は、地球観測衛星や偵察衛星に用いられ、北極と南極の上空を通る『極軌道』が多く使われる。

なぜなら、次ページの図に示すように、その極軌道の中で、

地球が 24 時間周期で自転するので、1 日で全地球を、

スイカの縦縞模様のように観測できるためだ。



従って、この軌道は、『全地球の観測を目的』とした衛星にとっては非常に都合が良い。

しかし、偵察衛星のように、地上の特定の地点(図に示した★印のポイント)を監視する目的の場合には、昼と夜、それぞれ 1 回だけ、わずかな時間だけの観測になってしまう。

その地点を頻繁に観測するには、多数の周回衛星が必要になる。

防衛省は、昼用の光学衛星 2 機と、夜用のレーダー衛星 2 機の、4 機体制をとっている。

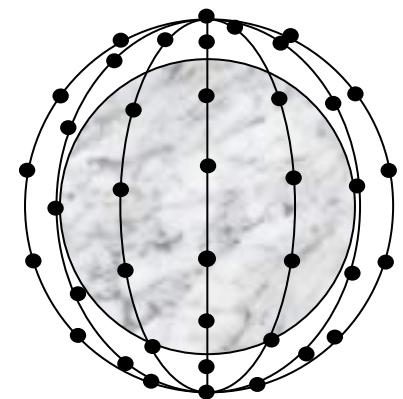
更に 6 機をプラスして 10 機体制にするとされている。

10 機どころか、右の図のように、66 機もの周回衛星を擁した LEO の衛星群がある。

偵察衛星ではなく、衛星携帯電話の通信衛星『イリジウム』だ。

偵察機能も有するといった噂もあるが・・・。

当初 77 機の LEO 衛星を打ち上げる予定だったので、その原子番号から『イリジウム』というプロジェクト名が付けられた。



イリジウム(66機)

現在は、図のように 66 機の衛星が、高度 780km の軌道で、地球を周回している。

これを地上から見ると、上空には、次から次と、間断なく衛星が現れ、通信が継続される。

このイリジウムを用いた衛星携帯電話では、地球の何処からでも、電話ができる。

イリジウムを偵察衛星と仮定すれば、地上の特定のポイントを間断なく偵察できることになる。

また、LEO の通信プロジェクトでは、第 1 章の衛星ブロードバンドで示したように、更に大量の衛星が計画されている。

次に、静止衛星について記す。

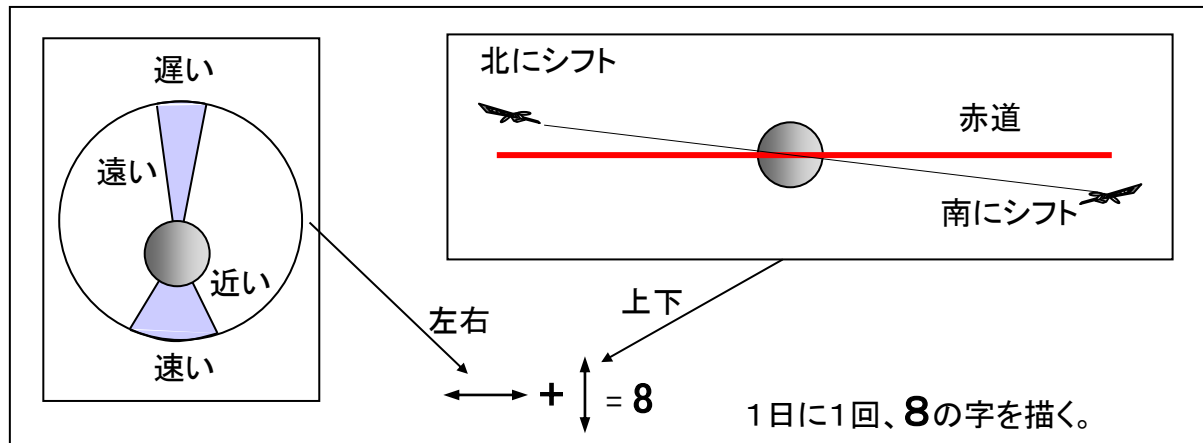
静止軌道 GEO だが、高度 36,000km、周期が 24 時間で、地球の自転と同じになる。

従って、赤道上空 36,000km に衛星を置くと、地球からは静止して見える・・・ということだが、実

際には、一日かけて 8 の字を描くように動いている。

それは、静止衛星の軌道が、ピッタリと赤道上空の円に一致してはいないためだ。

それを図で示す。



この図に『遠い』、『近い』とあるが、近くなれば地球の自転より速くなり、遠くなれば遅れる。

これを地上から見ると、左右に動くことになる。

また、赤道を軸として、シーソーのように上下に動く。

即ち、赤道の上下にずれ、そして遠くなり、近くなりして、1日かけて 8 の字を描く。

放っておくと、この 8 の字は、地球の重力歪の影響を受けて、どんどんと大きくなる。

あまり大きくなり過ぎると、地球上のアンテナの視野から外れ、通信不能となってしまう。

従って、定期的にスラスターというエンジンを噴かせ、8 の字を小さくする。

この制御用の燃料が切れるのが約15年で、それが静止衛星の寿命＝約15年と言われている。

この8の字を、縦に大きくずらせたのが、『準天頂衛星』で、日本上空の70度以上の仰角に、3機のうちの1機が常にあるように工夫される。

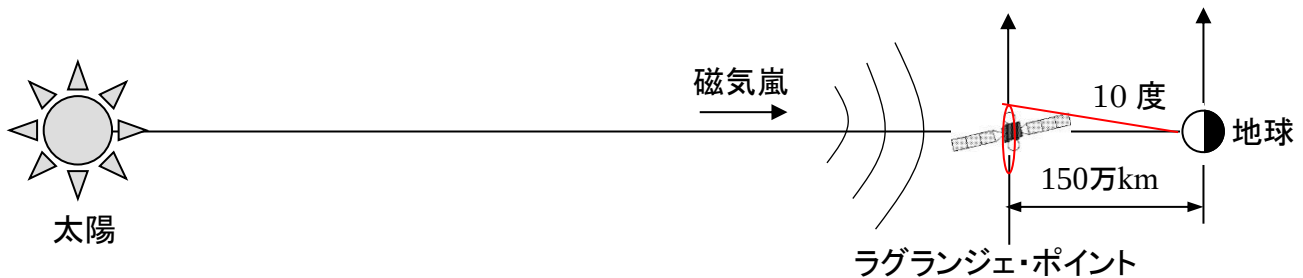
さて、軌道という切り口では、ラグランジェ・ポイントと呼ぶ面白い軌道位置がある。

地球と太陽とを結ぶ直線上で、地球から遥か 150 万 km の位置をラグランジェ・ポイントと呼ぶ。

ここに衛星を置くと、地球と太陽との引力がバランスし、この線上から逃れることができない。

このラグランジェ・ポイントには、NASA が打ち上げた ACE 衛星が飛んでいる。

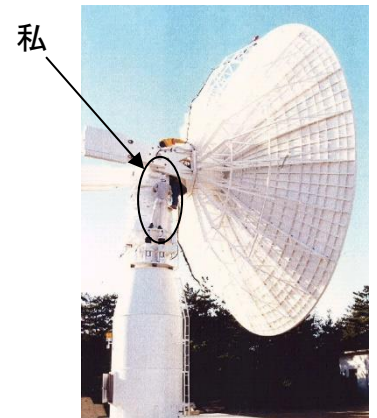
この ACE 衛星は、太陽からの磁気嵐を自ら浴びて、その強さを計測し、地球に向け、そのデータを送信している。



日本では、NICT(情報通信研究機構)の 10m 径のパラボラアンテナが、日の出から日没まで、太陽を追尾していた。即ち、この ACE 衛星を追尾し、磁気嵐警報のためのデータを受信していた。

日没と共にイタリアが受信を引き継ぎ、次にアメリカが受信し、そして小金井の NICT へと、24 時間、太陽を追いかけている。

右の写真が、太陽を自動追尾する 10m アンテナだった。

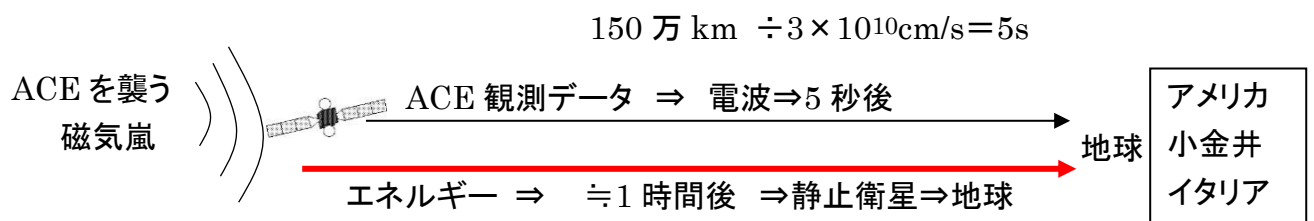


この ACE の宇宙天気予報の仕組は、『緊急地震速報の P 波と S 波』や、『EMP の α 波と γ 波』の関係によく似ている。

即ち、強力なエネルギーを避けるための猶予の時間が得られる。

次の図のように、衛星を襲った磁気嵐の情報は 5 秒で、電波で、地球に届けられる。

速度の遅い磁気嵐が、静止衛星や地球を襲うのは、その 1 時間後になる。



これによって、地球を『確実に』襲ってくる磁気嵐を、1 時間前に知ることができる。

1 時間前に知ってどうする・・・？ 静止衛星などにも、防御策が備えられるだろう。

例えば、自ら電源を切って、眠ってしまう・・・などといった発想が出て来るかもしれない。

衛星搭載の TWTA は真空管であり、磁気嵐や EMP に強い。

しかし、周辺回路の半導体は磁気嵐や EMP のエネルギーで破壊されかねない。

但し、電源が切られている半導体の破壊は避けられる。

米国の軍事衛星 AEHF は、電磁パルス攻撃に対する、耐 EMP 機能をも備えていたという。

この EMP とは、原子爆弾による強力な電磁パルスで、半導体を破壊する兵器だ。

キラー衛星が自爆し、その近傍にいた衛星は、破壊されなくても、中の半導体が機能を失う。

その防御策は“眠る”ことだ。強力な γ パルスの前に到来する微弱な α パルスを事前に察知して、基盤の電源ラインを『一時的に』切る。そうした機能を持った EMP チップが開発されている。

古い話だが、本冊子の 1998 年度版に、当時のゴア副大統領が提唱したことが書かれている。それは、このラグランジェ・ポイントに、地球の昼間の映像を 24 時間中継する衛星を置く計画だった。その後のジョージ・ブッシュ大統領によって中止され、お蔵入りしたが、どっこい、その時の衛星は NASA の倉庫に眠っていた。

その衛星が、ACE の後継として上げられた DSCOVER だ。

さて、ラグランジェ・ポイントだが、ACE 衛星の

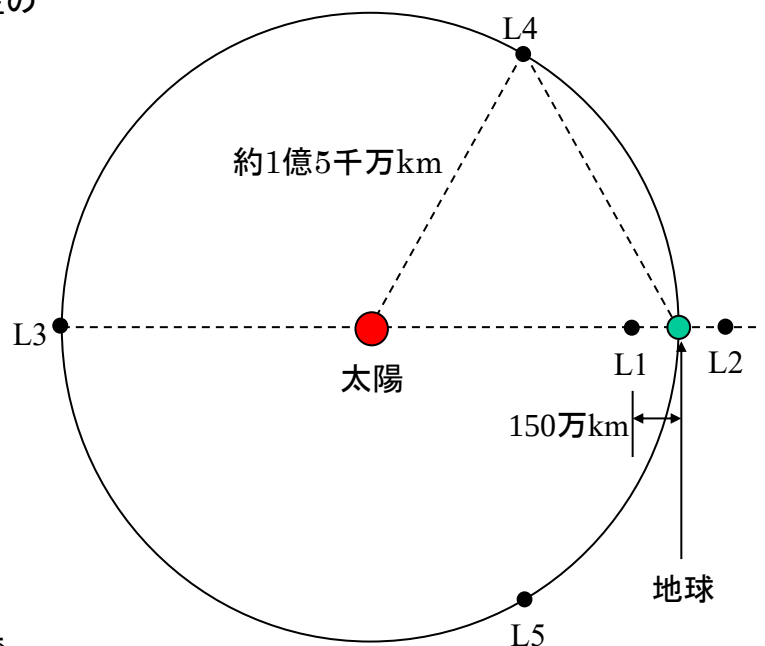
場所、即ち、図に示す L1 だけではない。

右の図に示すように、全部で五つのラグランジェ・ポイントがある。

地球と太陽を結ぶ直線上に L1、L2、L3 があり、半径を辺とする正三角形の頂点の L4、L5 の 2 ポイントがある。

それらのポイントでは引力がバランスし、相対位置関係が常時保たれる。

L1 と L2 の位置は、地球から 150 万 km で、この距離は太陽と地球の質量により算定される。



これらのラグランジェ・ポイントは、宇宙コロニー、宇宙船の中継基地、宇宙灯台、宇宙通信中継所などの場所として、SF 小説などに利用されている。

既述のように、L1 は、太陽から地球に向けた磁気嵐の通り道で、ACE 衛星が置かれている。

また、L1 は、昼間の地球を常時見る位置であり、『24 時間・地球実況放送』のカメラを置く構想を、ゴア元米副大統領が提唱した。150 万 km からの地球の映像はどんなものか、興味深い。

L2 は、地球から月への距離の 4 倍ほどの遠方にある。

この場所では、太陽雑音が地球によりブロックされるので、宇宙の背景放射を観測する WMAP という探査機が置かれている。

また、この L2 には、ハッブル宇宙望遠鏡の後継機、『ジェームス・ウェッブ宇宙望遠鏡』が置かれ、様々映像を送ってきている。

L3 は太陽の真裏だ。

即ち、太陽にブロックされ、地球からは絶対に見ることが出来ない場所として、SF では『幻の裏地球』があるとされる。

正三角形の頂点、L4 と L5 には、STEREO 計画の太陽観測衛星が置かれ、太陽の 3 次元データを収集する計画だったが現在は検索しても出てこない。

このラグランジェ・ポイントの関係は、太陽と地球だけでなく、太陽と惑星との間にも存在する。

太陽と木星とで形成する L4 と L5 の軌道には、数千個の小惑星があり、トロヤ群と呼ばれる。

そして、地球と月との間にも、この関係は成り立つ。

地球と月との距離は約 38 万 km であり、L1 は月から地球に向かって 6 万 km の位置になる。

この L1 は月旅行の中継基地、或は居住のための宇宙ステーションの位置として SF では使われている。

月の重力は地球の 1/6 で、居住には適さない。

地球と同じ重力を回転によって作り出す宇宙ステーションの方が過ごし易い。

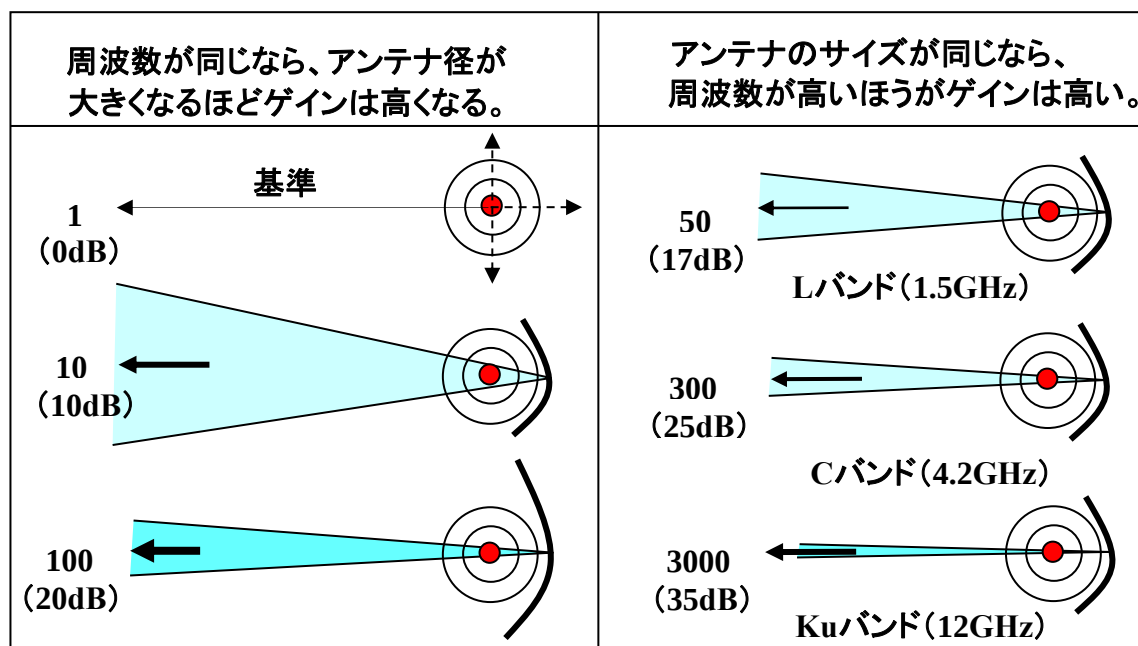
アンテナ

衛星通信において、衛星の軌道の次に示すべき要素は周波数だ。

その周波数と密接な関係にあるアンテナについて、まず記してみる。

アンテナの重要な要素には、ゲイン(利得)と、ビーム幅(視野)、そして周波数がある。

その関係を、次の図に示す。



アンテナのゲインとは、図の左上に“1 倍”と示すように、電波源から四方八方に、エネルギーが均一に広がる状態を基準にしており、これをゲイン 0dB とする。

この図で使われる『dB=デシベル』は指数の単位であり、次のような関係になっている。

パワー	1000 倍	100 倍	10 倍	1 倍	1/2	1/10 倍	1/100 倍
ゲイン	30dB	20dB	10dB	0dB	-3dB	-10dB	-20dB

図に示すように、照射の方向でのパワーが基準値の 10 倍であれば、ゲイン 10dB という。

100 倍では 20dB、1000 倍では 30dB となる。

またマイナス 3dB という値がよく使われる。

-3dB とはパワーが 1/2 になることを意味し、『3dB ビーム幅』とか、『電力半値幅』といって、アン

テナの『視野の角度』を表す。

前ページの図の要点は、次の 2 点にある。

- ① パラボラの径が大きくなれば、その視野は狭まり、遠くまで届く。

灯台の明かりと、小さな懐中電灯の明かりとをイメージすれば理解できるだろう。

- ② アンテナの径が同じとすると、周波数が高くなれば、視野が狭まり、ゲインが上がる。

光のように周波数が高ければパラボラの鏡面でサーチライトのように収束するが、周波数の低い“声”は分散してしまう・・・と考えればイメージは掴めるだろう。

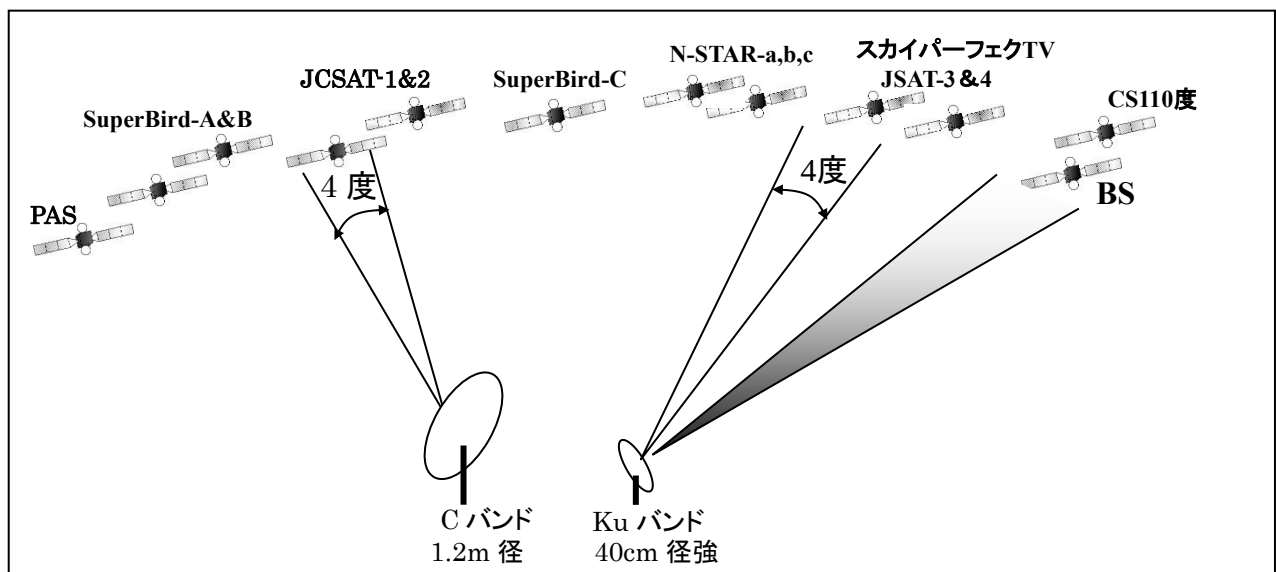
パワーを放出する・・・として記したが、受信もまったく同じで、中心線に沿って入ってきた信号が最も強くなり、斜めの角度から入射した信号は減衰する。

次の図に示すように、静止衛星は赤道上空に 4 度間隔で置かれる。

地上のアンテナの視野が 4 度であれば、視野の中には、一つだけ衛星が入ることになる。

例えば、スカパーで使っている『Ku バンド』では、約 40cm 径のアンテナで、視野が約 4 度になる。従って、CS アンテナの径は 40cm 以上であり、20cm 径や 10cm 径のアンテナは使えない。

10cm や 20cm では、視野が広がり過ぎて、隣の衛星が視野に入り、混信してしまうためだ。



静止軌道にずらっと並んだ静止衛星のそれぞれが、同じ周波数を使っても、地上アンテナの視野には一つの衛星だけなので、混信することはない。

この4度ルールによって、全ての静止衛星が『周波数資源』をフルに利用できるようになる。

国際通信や、NHKの国際放送で使っている『Cバンド』では、前ページの図に示すように1.2mのアンテナ径で、視野が約4度になる。

しかし実際には、右の写真のように、2.5m径か、それ以上の大きなアンテナが使われている。

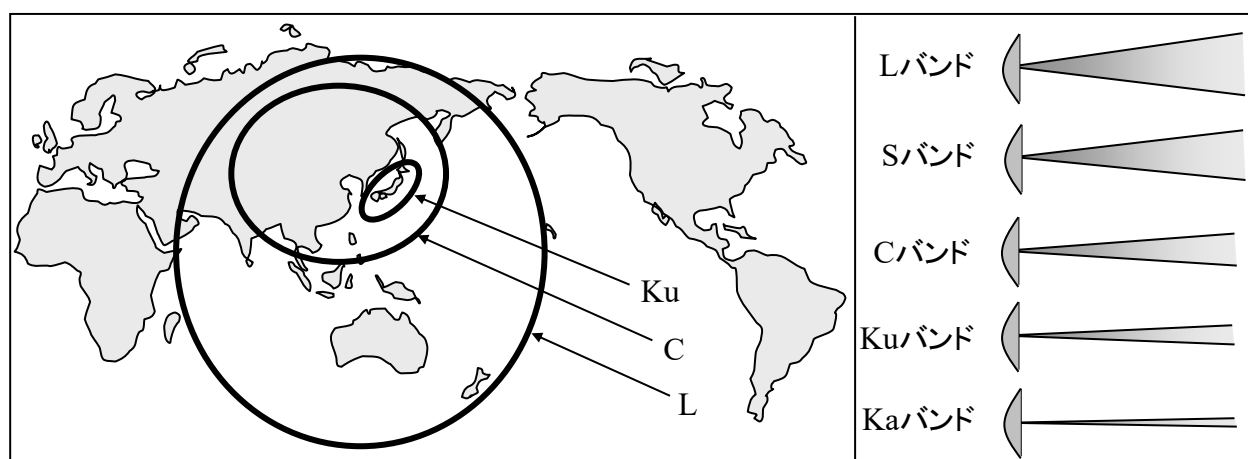
なぜか？ それは、衛星から地球に届くパワーが弱く、1.2m径のアンテナでは、必要な受信レベルが得られないためだ。



即ち、地上アンテナの視野の問題ではなく、衛星側のアンテナの径など、衛星の送信パワーに起因する。

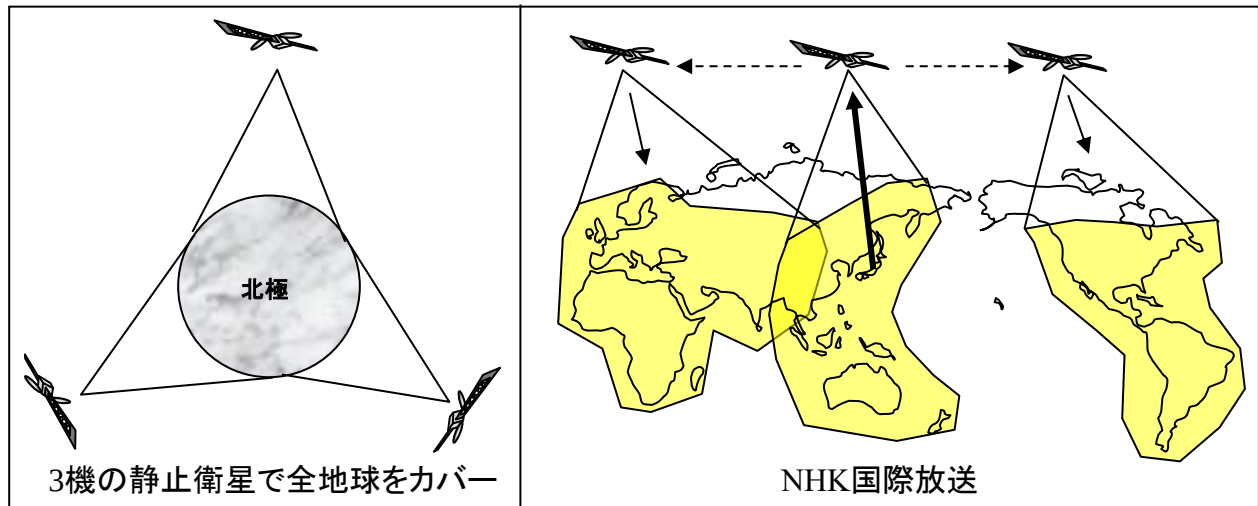
このように、衛星側についても、その搭載アンテナの視野やパワーを考える必要がある。

衛星に、同じ径のアンテナを搭載したと仮定すると、使用する周波数によって、カバーエリアの概念は、次の図のようになる。ここに示す、L、S、C、Ku、Kaについては、後の周波数の項で示す。



ここで、『Kuバンド』は国内通信やスカパーなどで使われ、『Cバンド』は広域の国際通信に使われる。そして、『Lバンド』は海洋を含めた広域の移動通信に利用されている。

周波数の低い『L バンドや S バンド』は、この広いビーム、即ち、広い視野を利用して、次の図の左に示すように、3 機の衛星で全世界をカバーできる。



C バンドでも衛星に搭載するアンテナを小さくし、視野を広げて、3 機の衛星によるグローバルビームが構築できる。但し、視野が広いということは、衛星からのパワーが低いことを意味する。

衛星通信の草創期には、C バンドのグローバルビームが活躍したが、パワーが低いため、地球局として、30m 径や 10m 径の大型アンテナが使われた。まさに国際基幹通信であった。

この C バンドのグローバルビームが活躍した当時は、30m 径の地球局をスタンダード A 局、10m 径をスタンダード B 局と称して、世界の地球局を、三菱電機や NEC が受注しまくっていた。

しかし、海底ケーブルのファイバー化による大容量化で、そのニーズは薄れ、姿を消した。

ファイバー化が進んでも、国際放送においては、衛星の役割はまだ高い。

上の図の NHK 国際放送は C バンドだが、この図で示すように、利用者のいない海洋にはパワーを出さないように、衛星搭載のアンテナを変形させている。

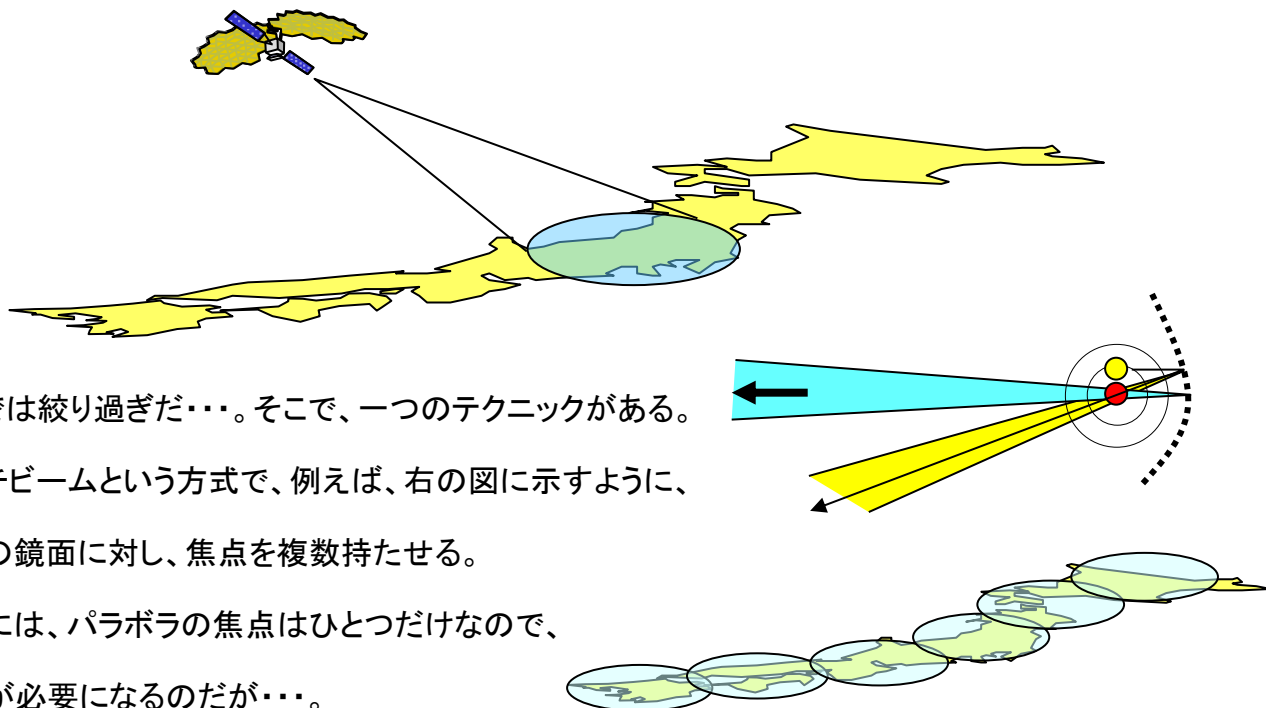
それにしても、C バンドでは、広域にパワーを拡散するため、地上に届くパワーは微弱になる。

従って、NHK 国際放送を受信するには、C バンドの下限の 1.2m 径ではなく、2.5m 径か、それ以上の大きな受信アンテナが使われている。

周波数の低い L バンドや S バンドでも、衛星搭載アンテナを大きくすれば視野は狭められる。

S バンド衛星の ETSⅧ(きく 8 号)の衛星搭載アンテナは、19m×17m の巨大アンテナで、その展開に、見事に成功した。

S バンドであっても、19m×17m もの大口径になると、そのビームは、次の図のようになる。



これでは絞り過ぎだ…。そこで、一つのテクニックがある。

マルチビームという方式で、例えば、右の図に示すように、一つの鏡面に対し、焦点を複数持たせる。

実際には、パラボラの焦点はひとつだけなので、

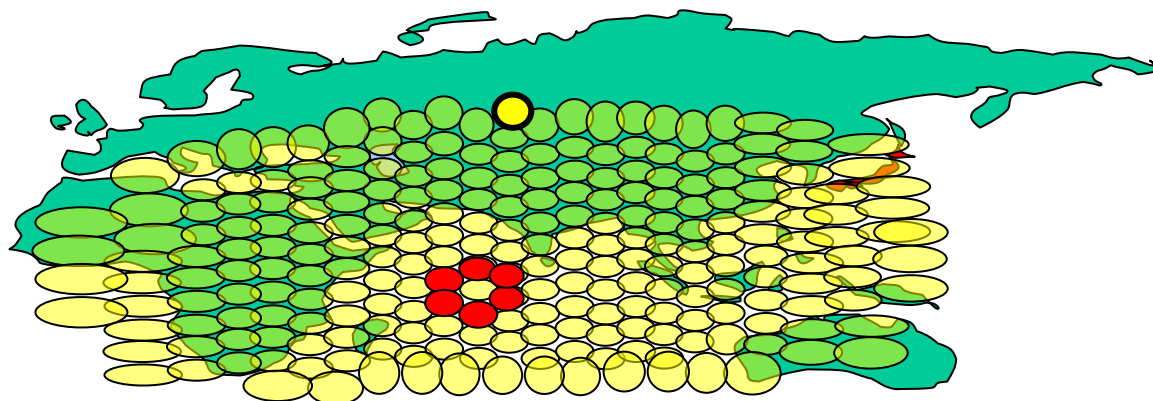
細工が必要になるのだが…。

いずれにせよ、こうしたテクニックを使うことで、ETSⅧは複数のビームで日本をカバーしている。

同じく、大型の衛星搭載アンテナを用い、L バンドで、このマルチビームのテクニックを使ったのが、インマルサットの BGAN で、200 以上のマルチビームを持っている。

BGAN や IsatPhone が用いている Inmarsat-4 のフットプリントの想像図を次に示す。

これだけ小さなスポットビームを作るには、大きな搭載アンテナが必要で、9m 径とのことだ。



このマルチビームのテクニックは、地上の携帯の仕組みに似ている。

即ち、携帯では大量の携帯基地局を配置するが、この衛星では大量のビームを配置している。

そして、与えられた周波数帯を複数のスポットビームに分割し、それを繰り返し使用し、周波数資源を有効に利用している。

イリジウムを含め、L バンドや S バンドの移動通信用衛星は、その能力の情報を開示しない。

スポットビームあたりの容量は、『驚くほどの小容量だ』という実態を知られたくないからだろう。

周波数の高い Ku バンドや Ka バンドの静止衛星でも、このマルチビームのテクニックは用いられ、HTS、即ち、ハイスループット衛星として、脚光を浴びている。

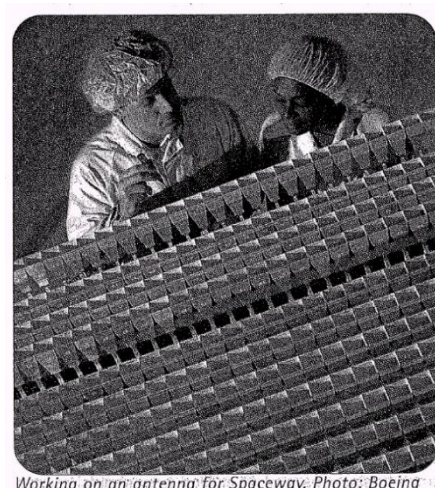
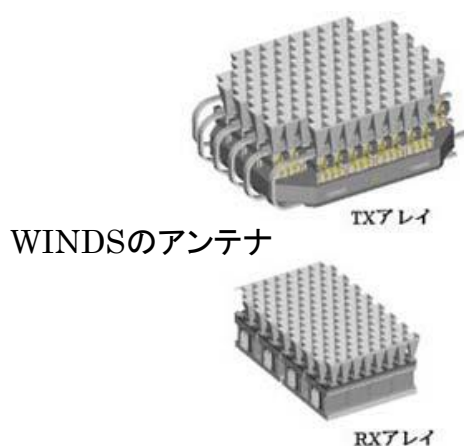
与えられた周波数帯域をビーム間でシェアするため、一つのビーム内のスループットは低くなる。

但し、大量のマルチビームでのスループットを積算すると『ハイスループット』となる。

グローバルサテライトといった観点からは、有効な技術だ。

L バンドや S バンドといった低い周波数の場合には、大きな衛星搭載アンテナが用いられるが、Ku バンドや Ka バンドでは、マルチビームを構成するのに、フェーズド・アレー・アンテナのテクニックが用いられている。衛星に搭載されるアンテナアレーの例を写真で示す。

これは、複数のアンテナ・エレメントのビームを位相合成して、任意の方向に、任意の数のビームを生成するテクニックだ。



Working on an antenna for Spaceway. Photo: Boeing

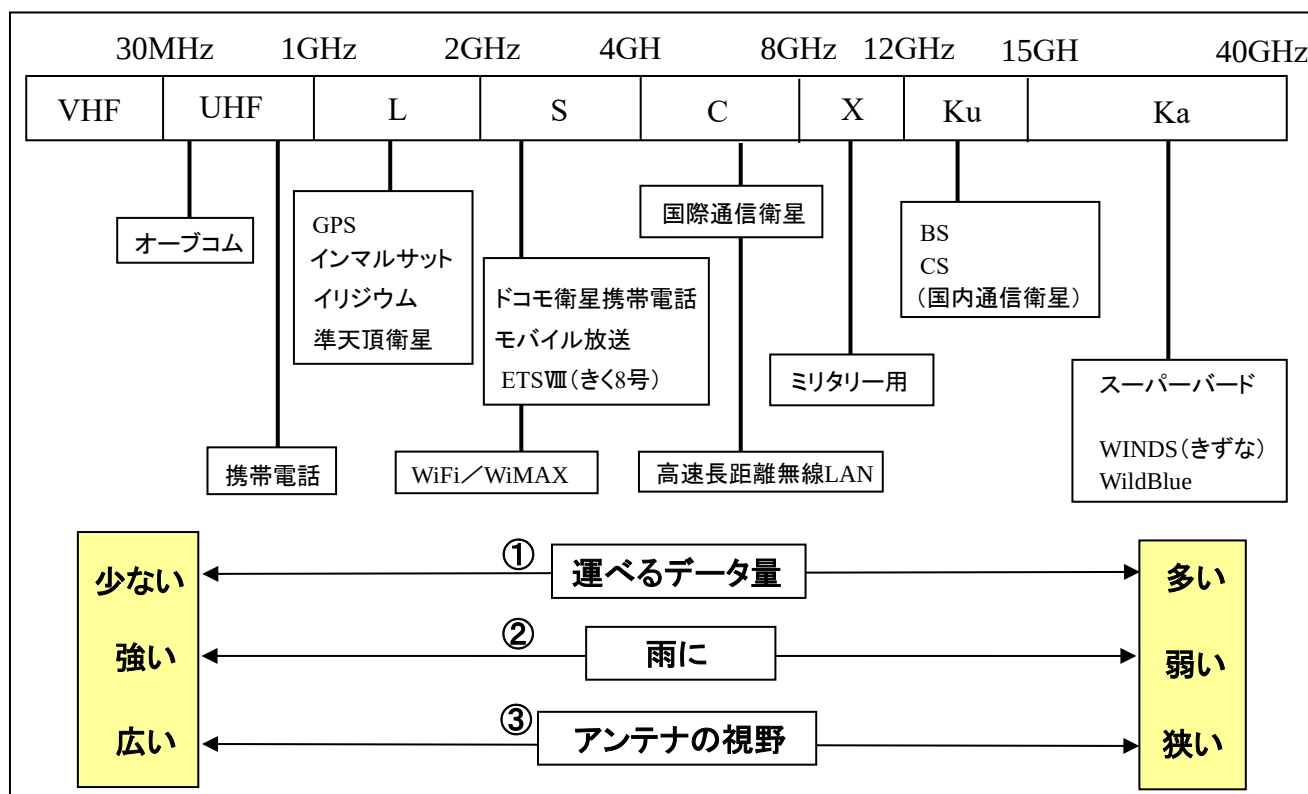
SpacewayのArray Antenna

周波数

通信衛星は、用途に応じて、様々な周波数を利用している。

比較のために、地上の携帯電話なども含めた周波数表を次に示す。

この表の下に示した①②③が、周波数に係わる要点になる。



① 周波数が高ければ、運べるデータ量が多くなる。

例えば、目安として、周波数の約 10%の帯域幅が伝送できると考えればよい。

S バンド $2.5\text{GHz} \times 10\% \Rightarrow 250\text{MHz}$ (この帯域を、複数のアプリでシェアする。)

C バンド $4\text{GHz} \times 10\% \Rightarrow 400\text{MHz}$ (衛星 1 機で独占する。)(国際放送)

Ku バンド $12\text{GHz} \times 10\% \Rightarrow 1200\text{MHz}$ (1 機で独占する。)(CS、BS)

Ka バンド $30\text{GHz} \times 10\% \Rightarrow 3000\text{MHz}$ (1 機で独占する。)(衛星インターネット)

これは全くの目安であり、このような 10%ルールがある訳ではない。

また、『1 機で独占』と記してあるのは、アンテナの項で示した『静止衛星の 4 度ルール』による。

ここで、衛星自体のコストが同じ・・・と仮定すると、周波数が低いほど、通信料金が高額にならざるを得ない。

通信の容量が少なくなるためだ。

それ故、次のように書き換えることができる。

使用する周波数が低いほど、通信料金は高くなる。

この通信料金の極端な例として、オーブコム料金を次に示す。

オーブコムは 138MHz という極端に低い周波数を使っており、その通信料金は 1 バイト当り 5 円となっていた。

オーブコムは運送トラックの運行管理などに利用され、GPS データや冷蔵車の温度など、1 回の通信に 5 バイト＝25 円ほどで済む。

しかし、このオーブコムで、6 百万バイトのカラー写真を 1 枚送ると、実に 3 千万円にもなる。

カラー写真 1 枚の伝送に、3 千万円だ。

その半面で、低い周波数ではアンテナの視野が広く、移動通信などに使える。

表の①『運べるデータ量』の観点からは、周波数の高い Ka バンドが一番よい。

最近の LEO プロジェクトでは、Ka バンドよりも上の周波数の衛星まで計画されている。

しかし、次の②を考えると、そう簡単ではない。

③ 周波数が高いと雨に弱くなる。

周波数の高い Ku バンドの BS や CS 放送は、台風や雷雨の時には通信できなくなる。

その Ku バンドより、更に高い Ka バンドでは、通常の降雨であっても影響を受ける。

Ka バンドは、『外を見なくても雨だと分かる』と言われるほどで、『お天気感知気』と称された。

但し、最近では『雨での障害は仕方がない』と認識した HTS プロジェクトが広く普及しつつある。

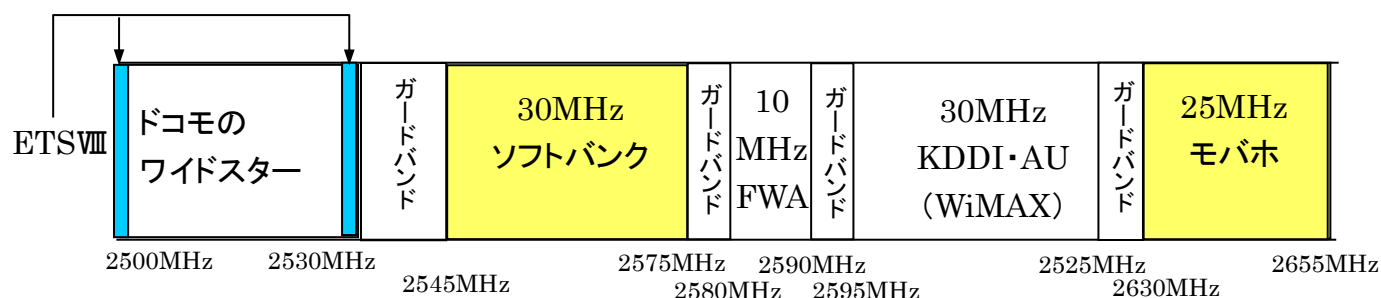
④ 周波数が低いとアンテナの視野が広がる

周波数が低いとアンテナの視野が広くなり、GPS やイリジウムの衛星携帯電話など、機動性を要求される移動体に利用できる。

しかし、アンテナの視野が広いと、『4 度ルール』は使えずに、その視野の中に幾つもの衛星が入って、混信してしまう。

従って、独占というわけには行かず、他のアプリケーションと周波数帯域をシェアすることになる。

例えば、S バンドの場合には、次の図の様に、衛星と地上のアプリで帯域を分け合っている。



Ka バンドよりも更に高い周波数を V バンド(50GHz)と呼び、Boeing などが大量の LEO を用いた通信サービスを計画している。航空機を対象とした高速通信では、天候による減衰の心配がないので、有効だろうが、計画では、一般家庭もその構想に含まれている。

また、200～300GHz の通信やワイヤレスセンサーの開発が『宇宙×ICT』で期待されており、テラヘルツと呼ばれている。

また、テラヘルツ通信と共に、更に上の光衛星通信が天候による影響を受けない衛星間通信などの宇宙空間での通信に有効とされている。

ここで話を戻す。

L バンドや、S バンドでは、衛星と地上のアプリケーションで周波数をシェアすと記したが、周波数の高い C/Ku では『4 度ルール』によって周波数帯域を一人占めできる。

地上のアンテナの視野の中に 1 機の静止衛星だけを閉じ込めることができるためだ。

これは、本項の冒頭に示した C/Ku では『1 機で独占』のコメントを意味する。

例えば、CS の Ku バンドのダウンリンクでは、500MHz の帯域がアサインされ、独占できる。

但し、実際には、その 2 倍の 1GHz が利用できる。

そのテクニックが次に示す偏波だ。

偏波

電波は、偏波という性質を持っている。

縦棒状で飛ぶ波、横棒状で飛ぶ波、円形のきりもみ状で飛ぶ波などがあり、それぞれ、次のように呼ばれる。

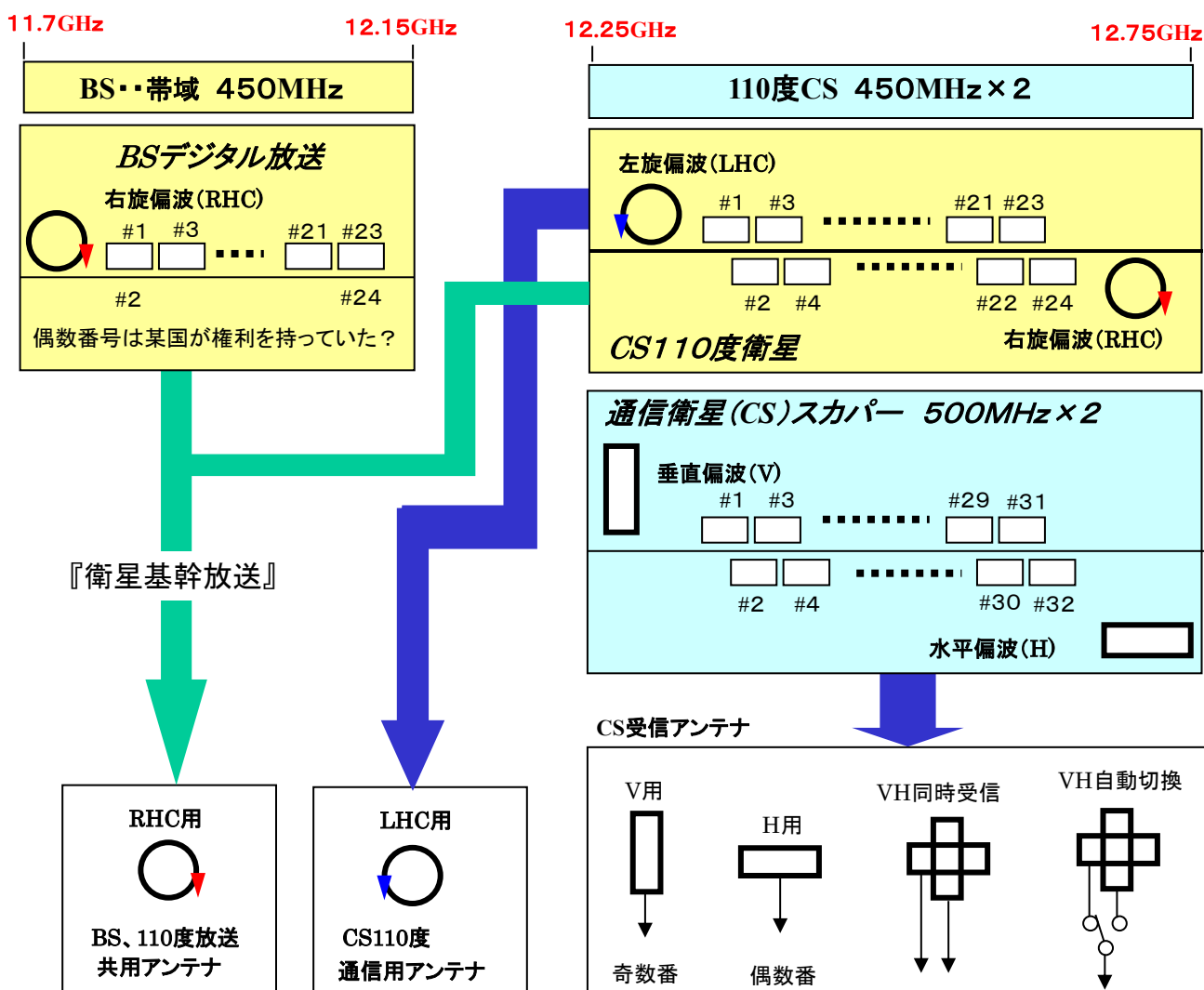
直線偏波： 垂直偏波（ V : Vertical polarization ）

水平偏波（ H : Horizontal polarization ）

円編波： 右旋偏波（ RHC : Right Hand Circular polarization ）

左旋偏波（ LHC : Left Hand Circular polarization ）

そのダウンリンクの図を、次に示す。



ここに示す『垂直』と『水平』、或いは、『右旋』と『左旋』は互いに干渉せず、独立して使用される。

図の CS において、四角で示したトランスポンダが上下に書いてある。

これが偏波の非干渉を意味しており、アサインされた周波数資源がダブルで使える。

例えば、CS にはアップ・ダウンともに 500MHz の帯域がアサインされているが、この両偏波を利用することによって、その 2 倍の 1000MHz として利用できる。

BS の図には右旋はあるが、左旋偏波はない。

但し、2020 年に打ち上げられた BS の BSAT には、この左旋偏波が搭載され、4K・8K に使う予定で進められている。

この図の下に示したように、これらの電波を受信する地上のアンテナの『電波の入り口』は、直線偏波では長方形、円偏波では円形と考えると分かり易い。

円偏波のアンテナは、入り口が円なので、衛星に向け、アンテナの方向を合わせるだけでよい。

一方、直線偏波の場合には、方向を合わせるのに加え、長方形の傾きの角度を合わせなければならない。その傾きの角度は地域によって異なる。

アンテナの設置が簡単な円偏波は放送衛星にアサインされ、そして、設置の厄介な直線偏波は通信衛星に使われている。

しかし、CS 放送のスカパーは、水平・垂直の直線偏波を用いている。

その設置は面倒なはずなのだが、スカパーのアンテナ設置業者も、直線偏波に馴れてしまい、面倒も感じなくなったようだ。

CS110 度衛星と BS は同じ軌道位置にあり、一つの受信アンテナの視野に、二つの衛星が入る。

CS110 度衛星と BS を受信する共用アンテナが販売されている。

一つのアンテナの視野に、衛星が二つ・・・ということになるが、CS110 度は、BS よりも上の周波数を使っているので、干渉することはない。

従って、地上の受信アンテナは、BS と CS110 度の二つの衛星を、1 つの衛星と認識して視野の中に捕え、受信する。

放送法での呼び名は、BS と CS110 度をまとめて、『基幹衛星放送』と定められている。

一方、アンテナの方向も、チューナーも、BS とは異なるスカパーは『一般衛星放送』と呼ばれる。

先の偏波の図は、衛星から地上へ向けた『ダウンリンク』の偏波を示している。

BS の場合は、アップもダウンも円偏波を使っている。

しかし、CS110 度衛星の場合は異例で、ダウンは『円偏波』なのだが、アップには『直線偏波』が使われている。

総務省はダウンリンクが右旋偏波を『CS110 度放送』としたものの、左旋偏波の用途を『通信用』と規定した。

そのためしばらくの間、CS110 度の左旋は『空き家』になっていた。

この左旋偏波の事情が、4K・8K のロードマップで変わった。

総務省が CS110 度の左旋を『放送』として認めたためだ。

一方、BS だが、2020 年に打上げられた BSAT-4b からは左旋偏波を搭載し放送の用途に使われている。

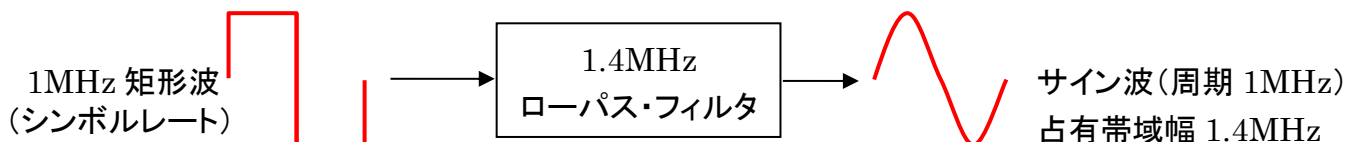
帯域幅

1/0 のデジタル信号は矩形波で表される。

例えば、1MHz の矩形波をそのまま変調器に入力すると、周波数成分は無限に広がり、帯域幅も広がる。

そこで、次の図のように 1.4MHz のローパス・フィルタを通すと、変復調の処理が可能なサイン波に近くなる。そして、帯域幅は 1.4MHz になる。このサイン波をシンボルという。

そして、この 1MHz をシンボルレート 1Msps といい、1.4 が帯域幅を算定する係数になる。



最近では、1.4 を減らす努力が続けられているが、1 以下には成り得ない。

従って、占有帯域幅はシンボルレートの少し上・・・が目安になる。

最近ではロールオフという係数が使われているが、この 1.4 から 1 を引いた 0.4 をロールオフとみなせばよい。そして、この 0.4 を限りなく 0 に近づける努力が払われている。

ロールオフが 0.1 という衛星モデムもできている。

厳密に言うと、帯域幅係数では電力半値幅、即ち 3dB ダウンの帯域幅であり、ロールオフでは 20dB 以上の絶壁型ダウンの帯域幅になる。

そして、SCPC の場合でのキャリア間のガードバンドは少なくて済むようになっている。

さて、ロールオフが 0.4 の場合の占有帯域幅は、次の式で算定される。

$$\text{シンボルレート} \times (\text{ロールオフ} + 1) = \text{占有帯域幅}$$

$$1\text{Msps} \times 1.4 = 1.4\text{MHz}$$

映像伝送で使われる DVB-S、DVB-S2、DVB-S2X の場合の帯域幅計算は複雑だが、計算式の URL があるので、利用すると良い。

例、<http://www.satellite-calculations.com/Satellite/bitrates.htm>

変調方式

次に変調方式だが、J-ALERT で使われる 2 値=BPSK(Binary Phase-Shift Keyng) や、一般的に多く使われる 4 値=QPSK (Quadra=4)がある。

BPSKでは、次の図に示すように、サイン波に対して、正位相を1、位相反転を0として伝送する。

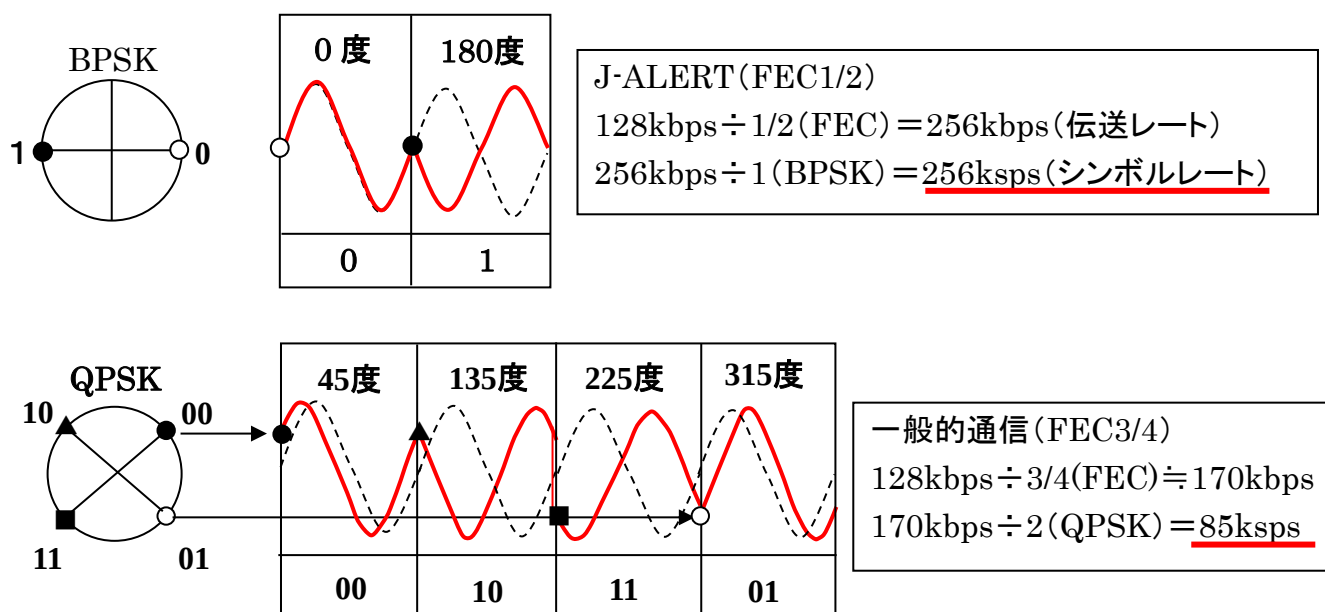
即ち、BPSK では、一つのサイン波、即ち 1 シンボルでデータ 1 ビットを伝送する。

このサイン波の周期をシンボルレートと言い、前項の例では 1Msps だった。

QPSK では、一つのサイン波でデータ 2 ビットを伝送する。1 シンボルあたり 2 ビットだ。

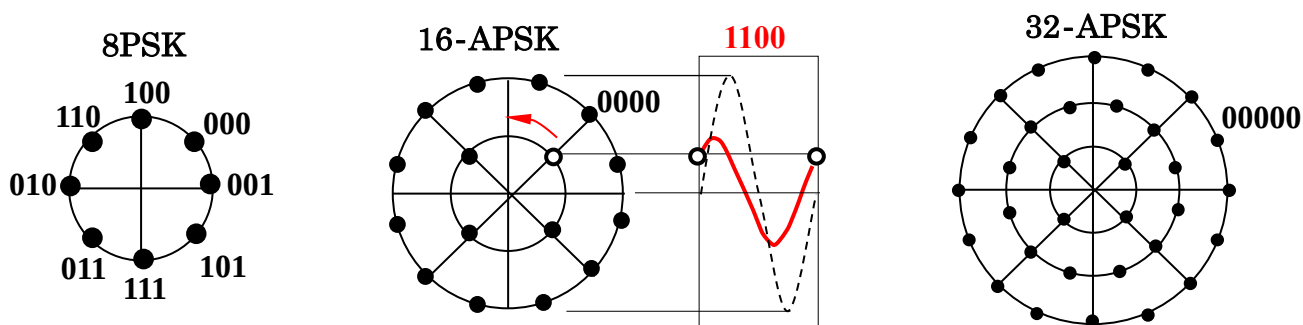
BPSK の 1 ビット当たりのパワー或いはエネルギーは、QPSK の 2 倍で、回線品質は高い。

図の右に伝送とシンボルのレートの例を記しているが、読み進んだ後にレビューしてほしい。



そして、更に高次の 8PSK、16APSK、32APSK、64QAM または 64APSK などがある。

高次になると、ややこしくなるが、要は 1 シンボルで伝送できるビット数であり、次のようになる。



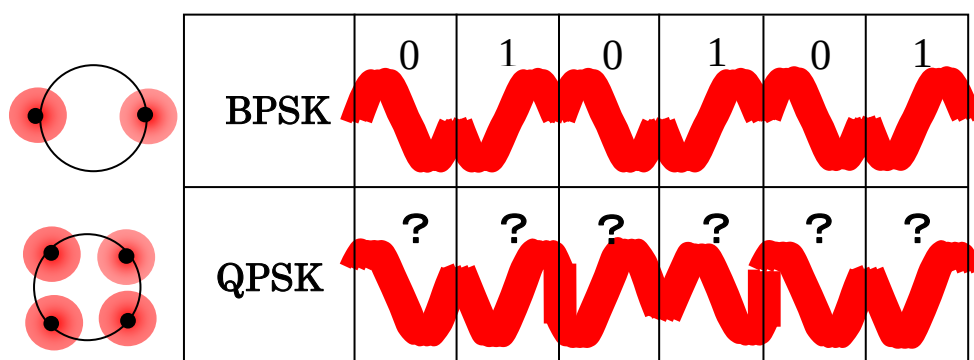
即ち、BPSK では 1 ビット、QPSK で 2 ビット、更に高次になれば、3 ビット、4 ビット・・・と増えて行き、64QAM では 1 シンボルで 6 ビットが伝送できる。

低レートで回線品質に重きを置く J-ALERT では BPSK を用いている。

衛星電話などではキャリア数が大量になり、帯域を節約する必要から QPSK が主力だった。

4K などの高速伝送では 32APSK などの高次が使われている。

どんなアプリでも高次を使えばよいではないかと思われるだろうが、次の図を見ていただきたい。



ノイズにまみれた図だが、BPSK は単純な位相反転であり、簡単に判断できる。

しかし、高次になれば判断は難しくなる。

BPSK は最も回線品質が良く、悪天候に強い・・・ということになる。

それ故、J-ALERT では BPSK が用いられているのだが、128kbps という低レートだから可能になる。

数十 Mbps の 4K 伝送などでは帯域幅が膨大になってしまうので、BPSK などは到底使えない。

従って、高次の 32APSK などを使わざるを得なくなる。

高次になればなるほど判断は難しくなるのだが、それを復調するための、高度な誤り訂正技術が使われるようになっている。

次に基本的な誤り訂正の FEC (Forward Error Correction) について示す。

FEC(誤り訂正)

FEC は基本的な誤り訂正のテクニックだ。

映像伝送などでは、DVB-S2 の FEC+LDPC など複雑なテクニックが用いられる。

FEC のみの場合には、占有帯域幅が容易に算出できるが、DVB-S2 の LDPC+FEC などの場合には複雑になる。この場合には、『帯域幅』の項に示した自動計算の URL を利用するとよい。

衛星電話や J-ALERT のように低レートの信号には、この FEC のみが用いられているので、FEC の説明に引き続いて、帯域計算についても示す。

128kbps を例として、FEC について示す。

128kbps の情報レートに対して、実際に衛星に向け発信する伝送レートは、次のようになる。

- ・ FEC1/2 では、情報 1 ビットに、誤り訂正 1 ビットを加え、伝送レートは 256kbps になる。
- ・ FEC2/3 では、情報 2 ビットに、誤り訂正 1 ビットを加え、伝送レートは 192kbps になる。
- ・ FEC3/4 では、情報 3 ビットに、誤り訂正 1 ビットを加え、伝送レートは約 170kbps になる。
- ・ FEC5/6 では、情報 5 ビットに、誤り訂正 1 ビットを加え、伝送レートは約 154kbps になる。
- ・ FEC7/8 では、情報 7 ビットに、誤り訂正 1 ビットを加え、伝送レートは約 146kbps になる。

『情報レート』の 128kbps が実際に利用できるデータレートであり、FEC を施したレートを『伝送レート』と言う。その関係は、次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{＜情報レート} \div \text{FEC} = \text{伝送レート＞} &\Rightarrow \text{例) } \underline{128\text{kbps} \div 1/2(\text{FEC}) = 256\text{kbps}(\text{J-ALERT})} \\ &\quad \underline{128\text{kbps} \div 3/4(\text{FEC}) = 170\text{kbps}(\text{一般})} \end{aligned}$$

ここで、前項の変調方式と帯域幅の要素を加えると、占有帯域幅が求まる。

$$\text{J-ALERT} \quad 128\text{kbps} \div 1/2(\text{FEC}) \div 1(\text{BPSK}) \times (1+0.4) \doteq 358\text{kHz}$$

$$\text{一般通信} \quad 128\text{kbps} \div 3/4(\text{FEC}) \div 2(\text{QPSK}) \times (1+0.2) \doteq 102\text{kHz}$$

映像などの高速通信では、単なる FEC のみの場合ではなく、高度な誤り訂正方式を使い、更に 36APSK などの高次を使い、1 に近い帯域幅係数を使って、高速伝送を可能にしている。

複雑な計算となるが、インターネットに計算ソフトが掲載されているので参照するとよい。

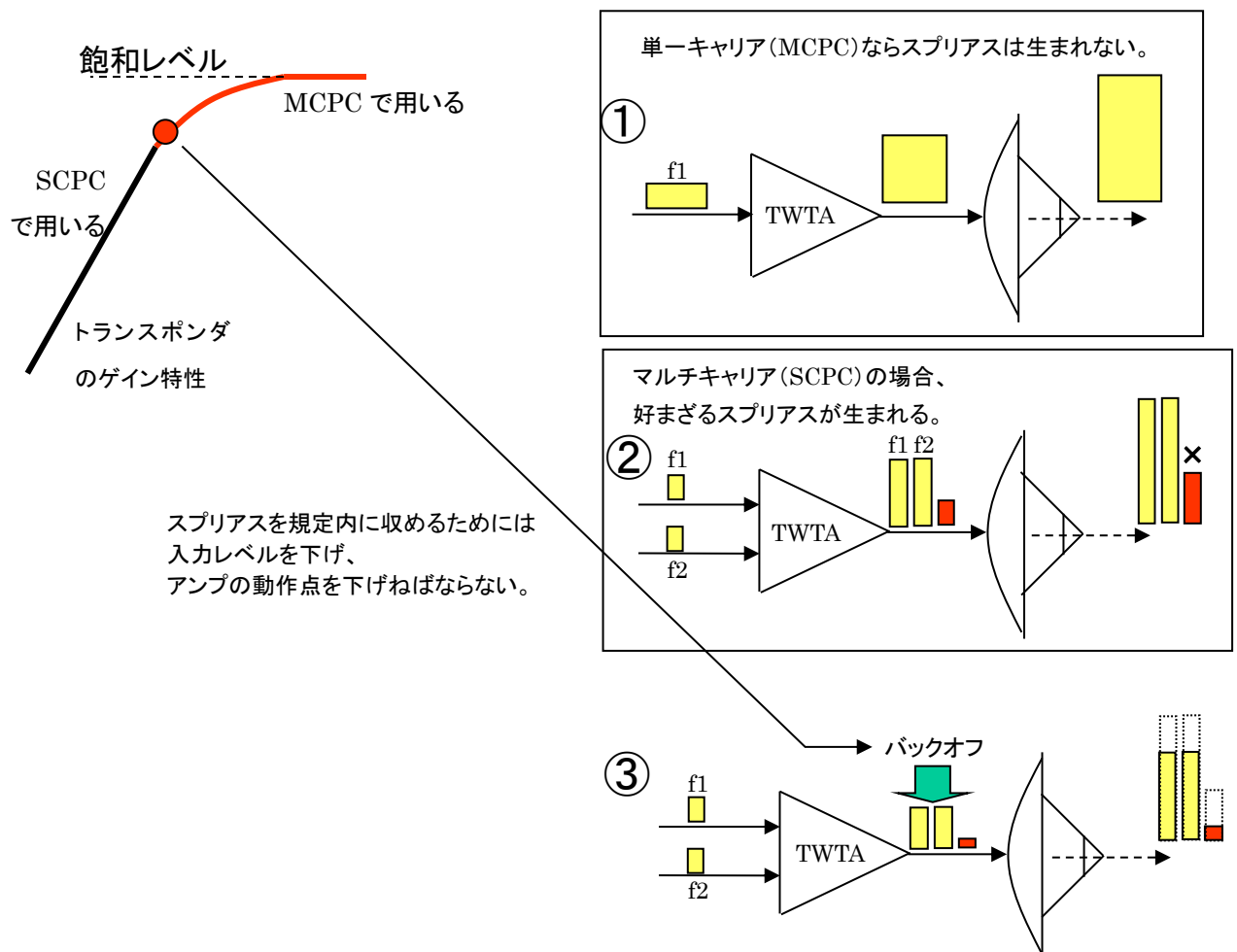
マルチキャリアとパワー(バックオフ)

これまでは、トランスポンダ 1 本＝フルトラポンということで話を進めてきた。

一方、SCPC 或は FDM で、トラポンの 1 部を借りるという発想がある。放送会社の SNG が、これにあたる。この場合、トラポン内に複数のキャリアが存在することになる。この場合、マルチキャリアによる混変調に起因するスプリアスを考慮せねばならない。

次の図に、衛星搭載の中継器、トランスポンダの振る舞いを示す。

この図に於いては、衛星が地球から受信し、増幅し、地球に向けて送信することをイメージしていただきたい。



図の①に示すように、入力が単一キャリアのフルトラポンである場合、衛星搭載のトラポンは TWTA の能力を目いっぱい利用できる。

しかし、②のように、SCPC のマルチキャリアの場合、アンプ特性の飽和レベルを使うと、混変調による好まざる子供(スプリアス)が生まれる。

そのスプリアスのレベルが規定値以上になると、他の信号に干渉を与えてしまう。

この場合、衛星のトランスポンダを遠隔操作し、TWTA への入力レベルを下げて、アンプ特性の傾斜部分を使えば、スプリアスのレベルは低下する。

例えば 3dB 下げて、③のように、好まざるスプリアスのレベルを規定値以下に抑えて使用する。

このように、動作点を下げて、パワーを抑えることを『バックオフをかける』という。

その動作点が-3dB の場合、『バックオフ 3dB』という。

『バックオフ 3dB』では、地上で受信するレベルが、フルトラポンのスカパーに比べて半分になる。

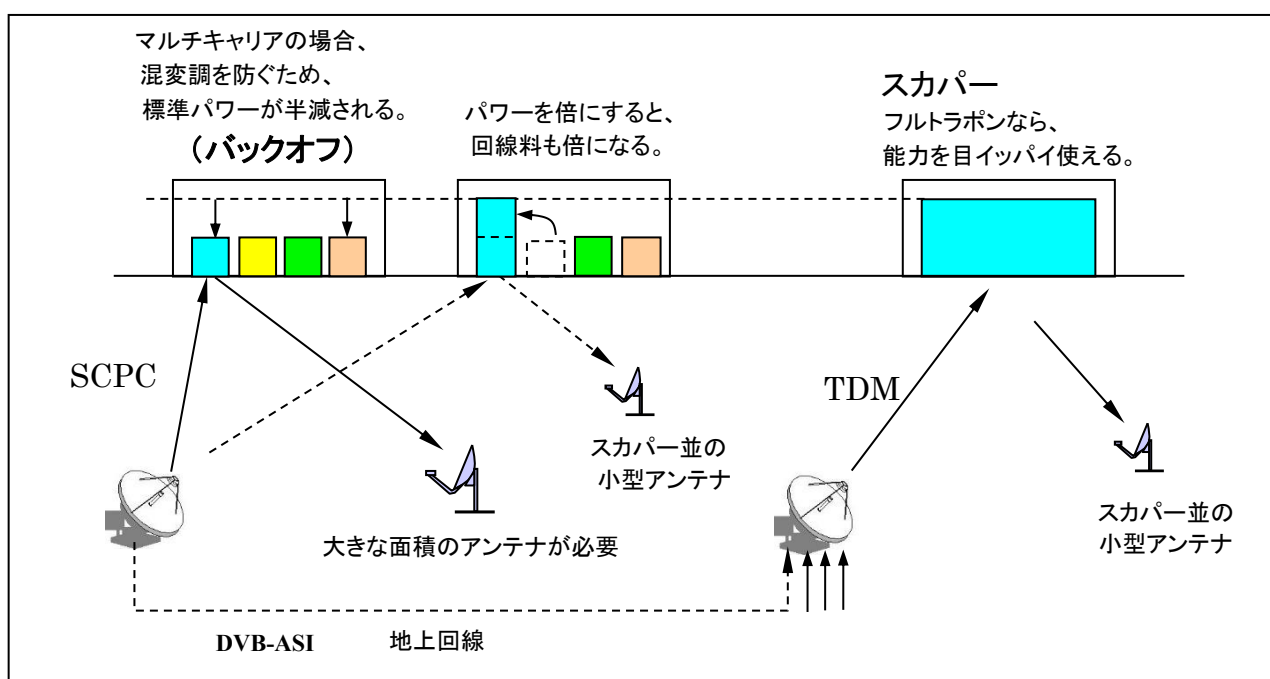
1990 年代の衛星では『バックオフ 3dB』は当たり前だったが、最近の衛星は TWTA の性能が良くなり、必要とするバックオフ値は下がってきている。

即ち、MCPC のフルトラポンと、SCPC での標準パワーの差は少なくなっている。

いずれにせよ、地上での受信パワーが下がれば、受信アンテナを大きくしなければならない。

この受信パワーが、衛星の回線料金にそのまま関係することを、次に図に示す。

スカパーの場合、フルトラポンの MCPC でありマルチキャリアではないので、バックオフはない。



マルチキャリアの場合、バックオフ 3dB なら地上での受信パワーはスカパーの半分になる。

マルチキャリアであっても、小さなアンテナで受信したい・・・と思う場合には、パワーの増量、例えば倍増を衛星会社にお問い合わせすればよい。

但し、パワーの増量分のお金を払わねばならない。

前ページの図に示すように、スカパー並みの小さな受信アンテナで、SCPC のテレビ信号を受信するには、先の図の真ん中に示すように、パワーを 2 倍に増量する必要がある。

増量に用いた点線部分の空き地のパワーはもはや利用できない。

従って、2 倍のパワーには、2 倍の衛星回線料金を払うことになる。

J-ALERT のように、128kbps と狭帯域で、受信サイトの数が大量になる場合には、衛星回線料金を多少多く支払っても、受信サイトのコストダウンを重視する選択肢が取られる。

即ち、回線料金が高くなっても、受信アンテナ径を小さくして安価な CS アンテナを用い、トータルシステムとしてのコストダウンを図る手段が選択される。

J-ALERT の場合、パワーの増量が行っていない。

但し、変調方式と FEC の選択で、実質的なパワーの増量を行っている。

即ち、変調方式を BPSK とし、FEC を 1/2 とし、帯域を一般のケースの 3.5 倍に広げ、結果としてパワーを 3.5 倍に増量している。

こうしたパワーの増量と衛星回線料の関係は、地上のファイバー通信などにはない衛星特有の発想であり、衛星の限られた総電力量の割り振りで回線料金が決まってくる。

このバックオフは地球局の送信に使うパワーアンプについても言える。

即ち、衛星電話のように地球局が SCPC の複数のキャリアを送信する場合、アンプの能力をフルには使えない。即ちバックオフをかける必要がある。

一斉同報

通信衛星の特徴は同報性にあり、衛星放送が顕著な例だ。

また、J-ALERT のように放送型のデータ配信の場合には、一斉同報という。

一斉同報の仕組として、私が初めて手掛けたのは、SCPC プログラムオーディオであった。

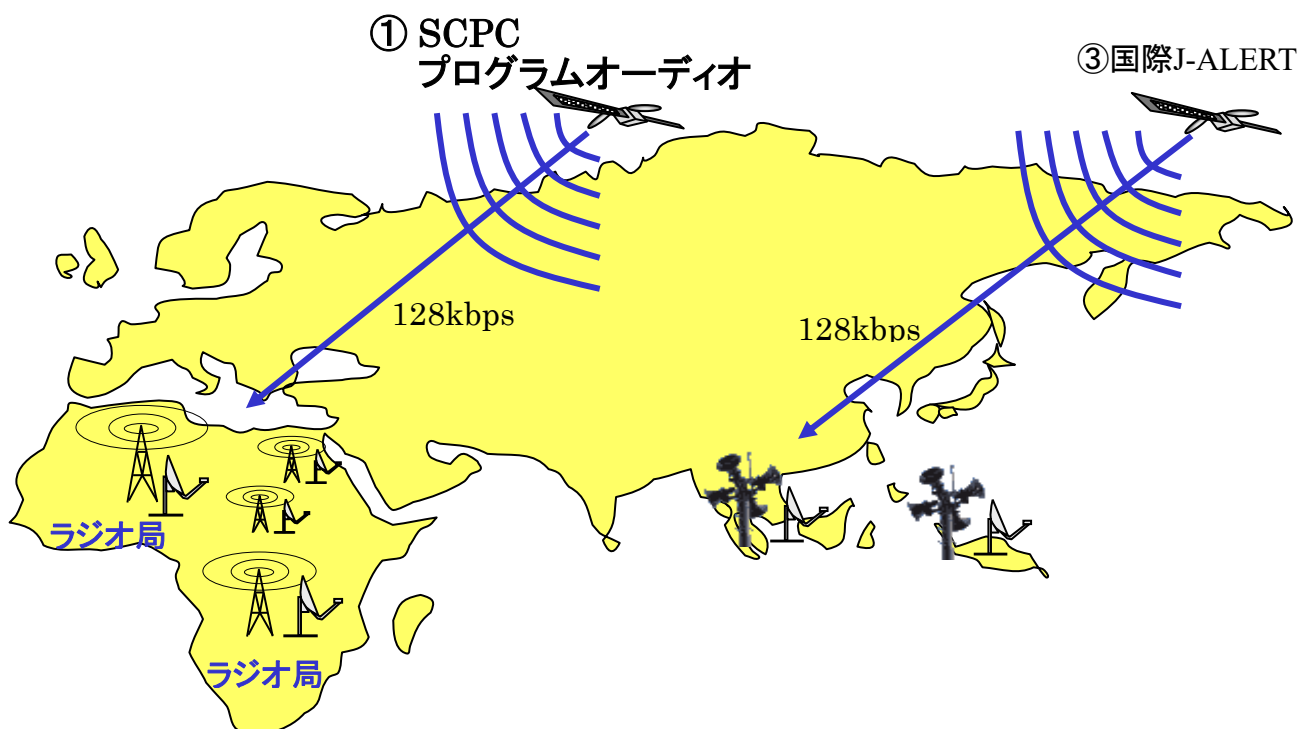
これは、地上網インフラのない後進国などで、地方にラジオ局を建てる手段として多く利用された。

次の図の①が『SCPC プログラムオーディオ』のイメージだ。

※プログラムオーディオ、即ち、ラジオ音声を衛星で広域に一斉配信する。

※僻地の町で、これを受信し、簡単な設備でラジオ局を作ってしまう。

この仕組みが各国に波及し、タイ、オーストラリア、コロンビア、ナイジェリアなどのプロジェクトに私も参加させていただいた。



35年前はアナログ FM であったが、その後に 128kbps のデジタル FM オーディオとなっている。

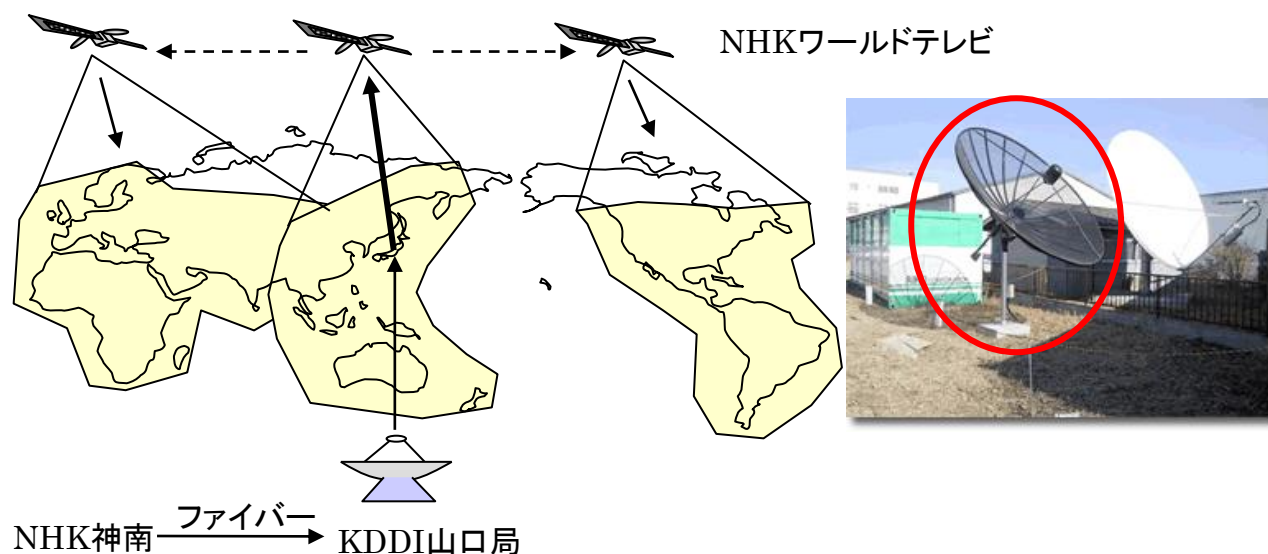
これが J-ALERT の発想の源になった。

この一斉同報で、1994 年に手掛けたのが、時事通信と共同通信の衛星一斉ニュース配信だった。

データではないが、1997 年に手掛けたのが NHK 国際放送で、全世界に NHK ワールドのテレビとラジオジャパンが配信されている。

世界各国の日本人会、ホテル、CATV などが、これを受信している。

次の図に示すように、3 基のインテルサット衛星を用いて配信されており、右に示す写真の 2.5m 径ほどの C バンド受信アンテナが用いられている。



無料の NHK ワールドテレビは、当初は日本語放送だったが、2009 年の初め、政府の方針転換があって、日本をアピールするための英語放送が主体となり、外人向けの放送になっている。

冒頭に『SCPC ラジオ』について示したが、私が手掛けた一斉データ配信の流れを記す。

『SCPC ラジオ』⇒『時事通信社・ニュース配信』⇒『共同通信社・ニュース配信』⇒『共同通信社・国際衛星ニュース配信』

この流れの集大成として、2003 年に手掛けたのが『J-ALERT』だった。

この歴史を示す。

平成 16 年（2004 年） 震ヶ関の消防庁の衛星送信局から信号を発信し、高知県芸西村を受信局として『緊急地震速報』の配信実験を行い、芸西村の防災無線を鳴らした。

平成 16 年（2004 年）『国民保護法』の成立で、この実験の仕組に『全国瞬時警報システム』との名称がつけられた。

平成 17 年（2005 年）スマトラ沖地震をきっかけとした『麻生 安心・安全ビジョン』において、J-ALERT という愛称が用いられた。

平成 18 年（2006 年）北海道から九州まで、全国 31 箇所の自治体で実証実験を行なう。

平成 21 年（2009 年）大型補正予算で、J-ALERT に 112 億円の予算が付く。

平成 22 年（2010 年）大型補正予算を用い、全国の自治体（都道府県庁、市町村役場）に『新 J-ALERT 受信端末』が設置される。

平成 24 年（2012 年）12 月に北朝鮮のロケットが飛び、NHK 総合放送に J-ALERT の画面が始めてデビューした。

この間、様々な改修が加えられたが、BPSK で FEC1/2 という一見非効率な伝送方式は変わっていない。

何よりも、高度な回線品質に重きを置いた方式であったと自負している。

J-ALERT では、更に回線品質を高める工夫が施されている。

それが、『スペース・ダイバーシティ』だ。

このスペース・ダイバーシティについて説明する。

次ページの図のように、①f1 と②f2 の 2 波が、別の地域の地球局から、同時に送出されている。

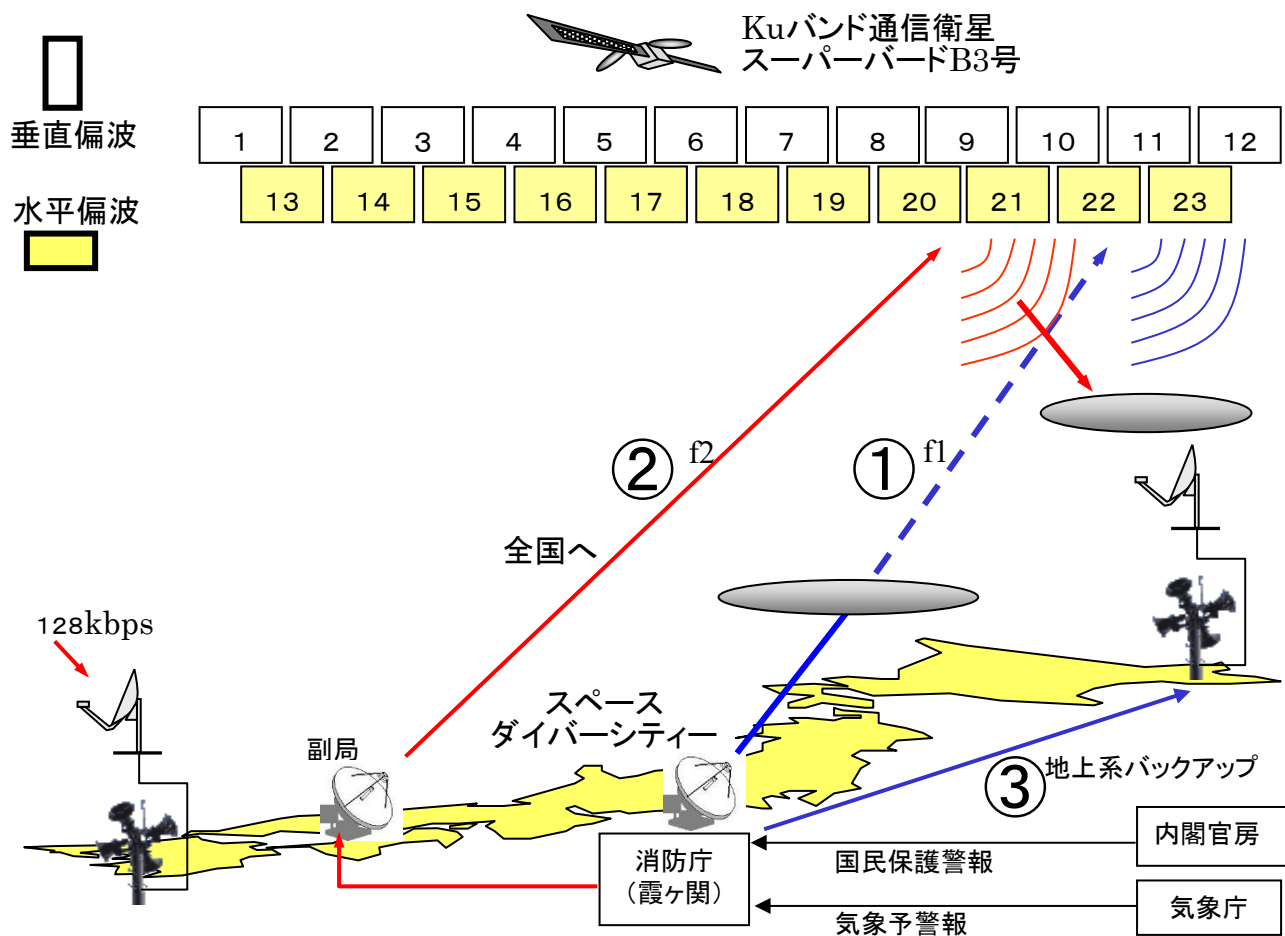
受信機は f1 または f2 のいずれかを、自動的に切り換えて受信する機能を持つ。

従って、主局からの f1 が雷雲でブロックされたり、定期検査で主局の f1 が停波したりしても、受信機は、副局の f2 に自動的に切り替えて受信し、受信を継続する。

これを、地域を隔てた『スペース・ダイバーシティ』と呼ぶ。

安価な低データレートの SCPC 回線だからこそ可能になる。

なぜなら 2 波借りても、低レートなので、回線料は大した額ではない。



J-ALERT は更にプロテクトされている。

自分の受信局が雷雲に見舞われると、 f_1 、 f_2 は共に消滅してしまう。

その場合には、地上回線③に切換わって接続を継続し、衛星の復帰を待つ。

地上回線には LGWAN が使われている。

『衛星は使わずに、この LGWAN だけでよいではないか』と思われるかもしれないが、大量の拠点への一斉地上配信には容量的に不安があり、更に、地上網は災害時にはズタズタになる可能性がある・・・ということで、衛星がメイン、地上がサブとなっている。

J-ALERT だが、現在では J アラートになっている。

携帯電話の衛星バックボーン

次に、双方向通信の、携帯のバックボーンについて示す。

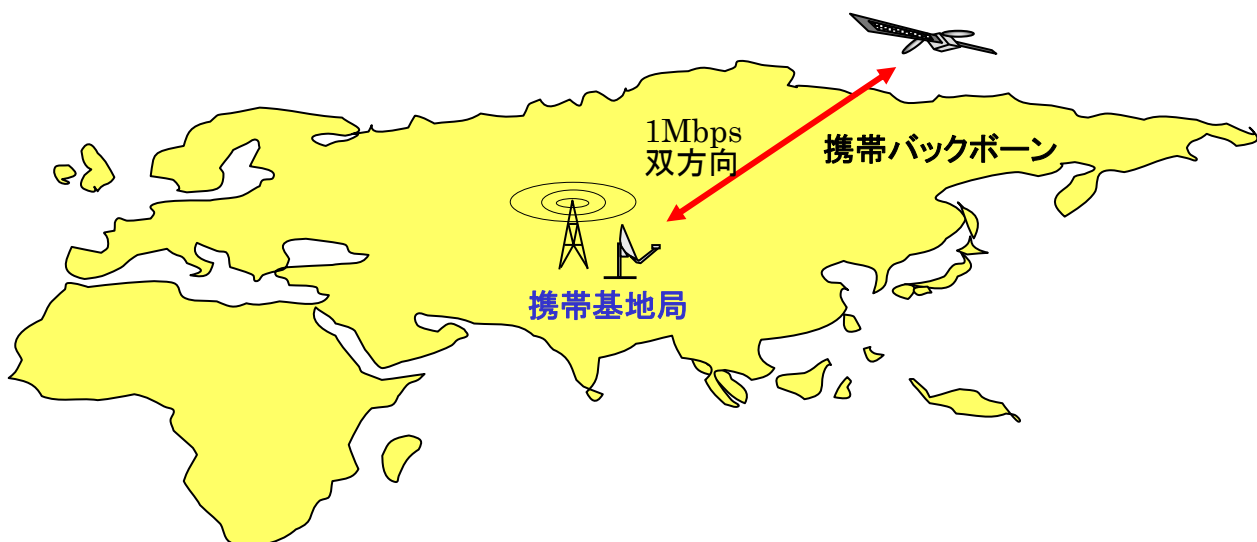
広大な中国や、東南アジアなどでは、地上の通信インフラが整っていない地域がある。

そうした地域では、固定電話より先に、携帯電話がまず普及する。

その携帯電話のバックボーンには衛星を用いられる。

衛星の特徴は、地上通信のインフラがなくても、落下傘部隊のように降下して、その場に携帯の基地局を構築できることにある。

携帯バックボーンのファイバーがズタズタになった被災地でも条件は同じであり、東日本大震災の時には、携帯各社が、衛星を急遽バックホールとして利用した。



発展途上国の携帯事情だが、当面利用できる衛星は、Cバンドなどの既存の静止衛星であり、それを有効に使わなければならない。

そこで、衛星の帯域を節約する手段として開発されたのが、キャリア・イン・キャリアという方式で、携帯のバックボーンとして多用されている。

キャリア・イン・キャリア

後進国では、携帯バックボーンに通信衛星を使うので、慢性的に帯域が不足している。

インドネシアでは、衛星の帯域を節約する手段として、9m 径の大型アンテナで、64QAM を使った・・・というほどの事例もあったらしい。

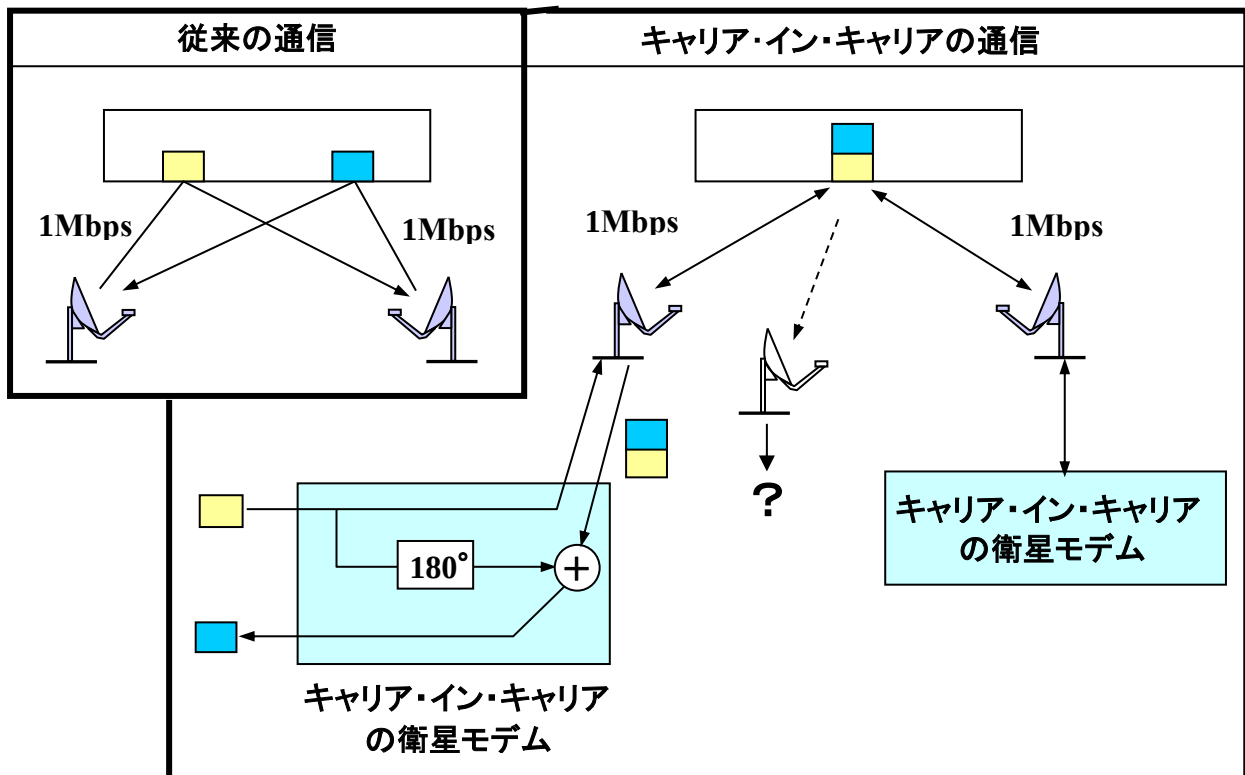
それほどに衛星の帯域が節約され、利用されているようだ。

この衛星帯域の不足の背景において、使われ始めた技術が、キャリア・イン・キャリアだ。

このキャリア・イン・キャリアのモデムを使った通信と、従来の通信との比較を次の図に示す。

原理を箇条書きするが、『位相反転(180 度)⇒引算』と考えれば、容易に理解できるだろう。

- ★ 自局の信号を送信する。
- ★ 相手局も“同じ周波数”で送信する。
- ★ 受信する信号は＜相手局信号＋自局信号＞になっている。
- ★ ＜受信信号－自局信号＞で、相手からの信号のみが抽出できる。
- ★ 相手局でも、同様のことが行われ、双方向通信が構築される。



★ 第三者の局が、この信号を受信しようとしても、干渉波に埋もれた雑音として、受信できない。従って、ミリタリー用途などでの『秘匿』という観点も考えられる。

私もそう思ったのだが、どちらかというと、衛星の帯域節約といった観点でのニーズが高いという。

この箇条書きで分かるように、『自局の信号が手元にある』ことが前提になる。

即ち、キャリア・イン・キャリアは、2 点間の双方向通信にのみ利用できる。

前ページの図では、180 度、即ち、位相反転の単純な引算としたが、実際には衛星折返しの 0.25 秒の遅延を施し、更にレベルを合わせて引算をする。

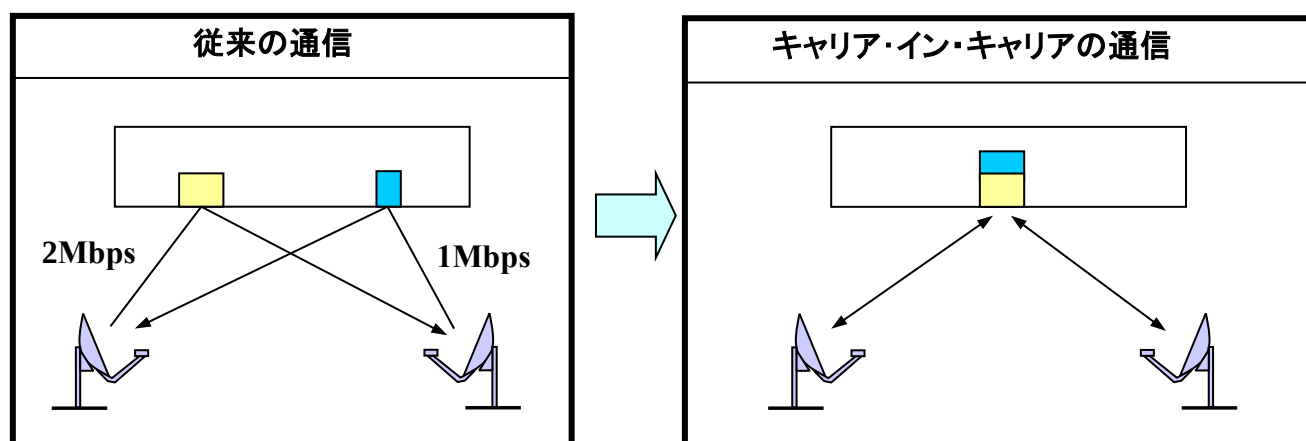
携帯のバックボーンとしては、送受共に同じ帯域幅なので、対称の通信だ。

但し、これが非対称であっても、キャリア・イン・キャリアのテクニックは使える。

例えば、1 メガと 2 メガの双方向通信の図を次に示す。

下の右の図をよく見ると分かるが、キャリア・イン・キャリアでは、1 メガの信号の占有帯域を広げて、2 メガの占有帯域に合わせている。

即ち、変復調方式や誤り訂正方式などを駆使して、二つの信号を同程度の占有帯域にする。



ここで理解いただきたいのは、双方向ともに『メガ帯域』の対向通信であり、狭帯域ではない。

その条件において、キャリア・イン・キャリアの通信はメリットを発揮するということだ。

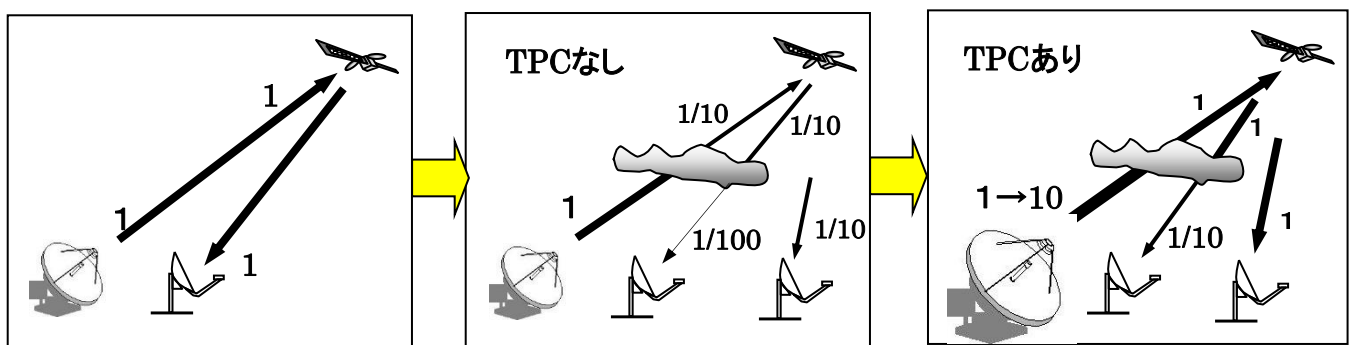
TPC

衛星の帯域幅やパワーについて記してきたが、衛星が送受信するパワーについて考えてみる。

このパワーを有効に利用するテクニックに、TPC (Transmit Power Control)、または UPC (Uplink Power Control) がある。

双方とも同じ機能なので、ここでは TPC とした。

この TPC、或いは UPC の機能については、次の図を見れば一目瞭然だろう。



衛星の回線料金とは、『衛星が』送受信するパワーによって決まる。

中央の図では、せっかく『1』のパワーを契約し、その料金を払っているにも係わらず、『1/10』のパワーのみを利用していることになる。

これを『1』にまで引き上げる機能を TPC と言う。

右の図の場合、送信の地球局は TPC10dB の能力を持っていることになる。

この TPC10dB では、晴天時に 10W で済むところ、荒天の時には 100W を送信する。

即ち、地球局として 10W ではなく 100W の能力を持つておく必要がある。

その能力を突き詰めて行くと、地球局に大型のアンテナが必要になる。

アンテナの直径が 10m にもなると、ビームの視野が非常に狭くなる。

静止衛星は静止しているのではなく、1 日に 1 度、8 の字に動いていると記した。

アンテナが大型になって、この 8 の字が、アンテナの視野の外に出てしまう場合には、地球局に、衛星を自動追尾する機能が必要になる。

自動追尾

自動追尾の方式には、次のような方式がある。

ステップトラック	静止衛星の追尾
プログラムトラック	既知の周回軌道衛星の追尾
モノパルス・トラック	ランダム軌道の追尾

この他、最近の主流はフェーズド・アレー・アンテナによる追尾があるが、ここでは触れない。

<ステップトラック>

静止衛星を追尾する代表的な方式として、ステップトラックがある。

静止衛星は徐々に動いて行くので、例えば 30 分おきにアンテナの向きを補正すればよい。

実際には、衛星自体が発信しているビーコンを受信し、そのレベルが最大になるようにアンテナを自動駆動する。

次ページの図に示すように、アジマス(水平軸)を機械的に駆動し、受信レベルのピークを見つける。

次に、エレベーション(垂直軸)を駆動して、受信レベルが最大になる位置まで駆動する。

この動作を、設定した時間のインターバル、例えば 30 分おきに、自動的に行なわせる機能をステップトラックという。

ステップトラックのアンテナは、次ページの写真に示すように、AZ シャフトと EL シャフトが伸び縮みする比較的簡単な機構が使われる。

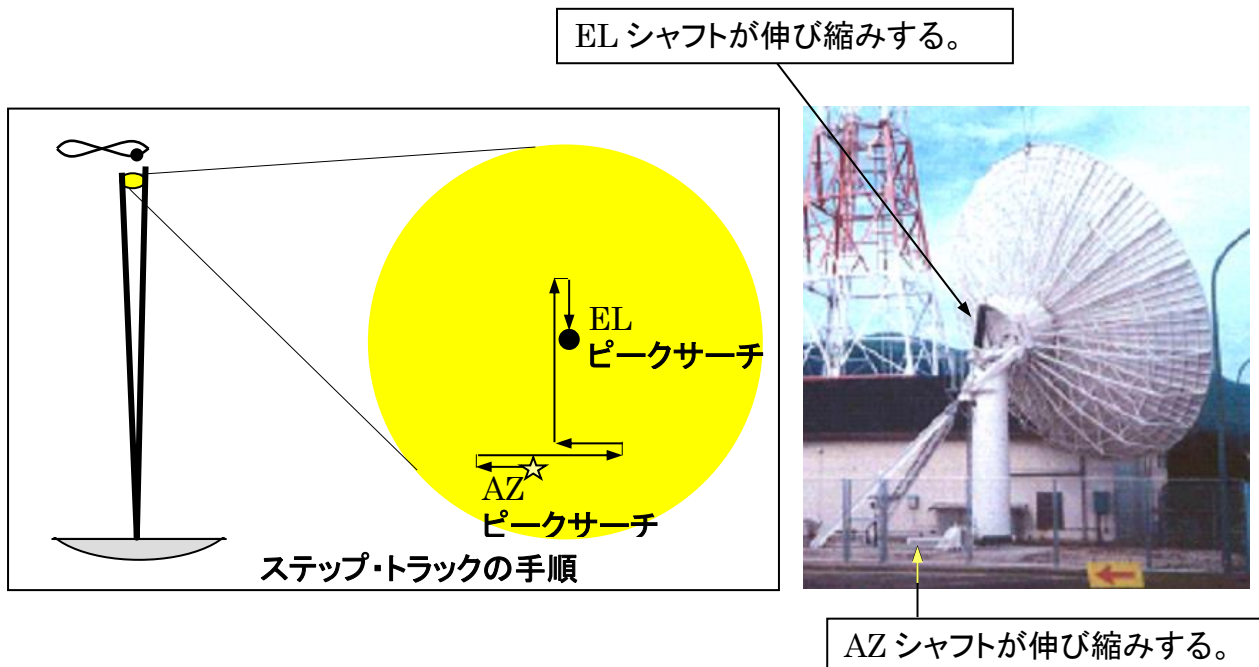
Ku バンドでは 10m 径アンテナで視野が約 0.15 度になる。

従って、衛星の、8 の字の大きさが、0.15 度の視野以上であれば、ステップトラックなどの追尾機能が必要になる。

この 8 の字の大きさは衛星によって異なる。

JCSAT や SuperBird などの日本の衛星は、かなり頻繁に衛星を制御しており、0.1 度台に収

まっているようで、ステップトラックは必要ないと聞く。



このステップトラックでは、大きなアンテナを駆動させるので、そのアンテナシステムは当然高額になる。

それ故、ステップトラックを必要としない上限のアンテナ・サイズを知り、それ以下のアンテナ・サイズで、満足できる送信パワーと回線品質が得られるかどうかの検討が必要になる。

<プログラムトラック>

衛星の軌道が分かっている時に、それをプログラムして追尾する方式だ。

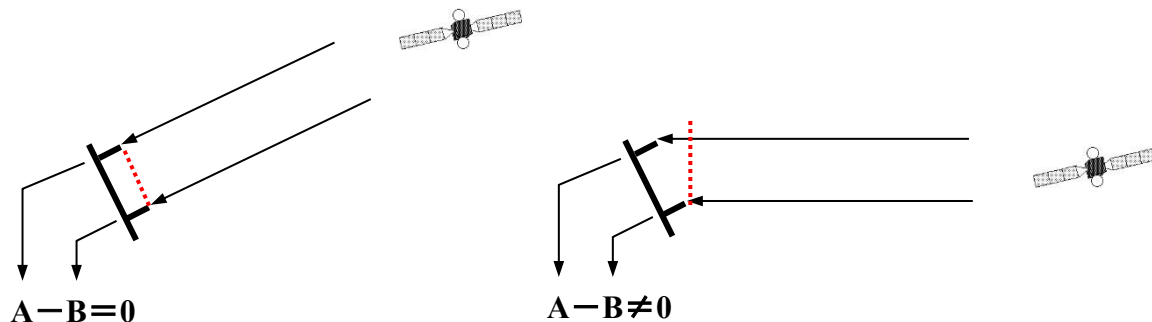
最近の LEO のプロジェクトでは、この方式が使われるのだろう。

機械的にアンテナを駆動するのではなく、電子的にビームが走査できるフラットアンテナが開発されつつある。

そのフラットアンテナのコストが家庭レベルにまで落ちるのが、LEO プロジェクトの命運を握っている。

<モノパルス・トラック>

次に、モノパルス・トラックだが、未知の軌道の周回衛星や、ロケット、航空機など、軌道の確定しない飛翔体の追尾に用いられる。その基本的な原理を、次の図に示す。



追尾アンテナが、ターゲットを正確に捉えていれば、二つのアンテナ・エレメントで受信した平行波の A 及び B は、全く同じ位相の信号であり、左側の図のように ($A-B=0$) となる。

ターゲットの方向が、右側の図のように『ずれている場合』には、A と B に位相差が生じ、($A-B \neq 0$) となる。

これを ($A-B=0$) になるように、アンテナを自動駆動して追尾するのがモノパルス・トラックだ。

実際には、 Σ チャンネル、 ΔAZ チャンネル、 ΔEL チャンネルを個別に受信する三台の受信機を用いるのがオーソドックスな方法だが、ここでは、それを簡略化した『シングルチャンネル・モノパルス・トラック』について、その原理図を次ページに示す。

この図のアンテナ・エレメントのラインに、二つの 180° と示したボックスがある。

これが位相反転であり、($A-B$) の引き算を意味している。

その引き算の結果が、追尾誤差の ΔAZ と ΔEL だ。

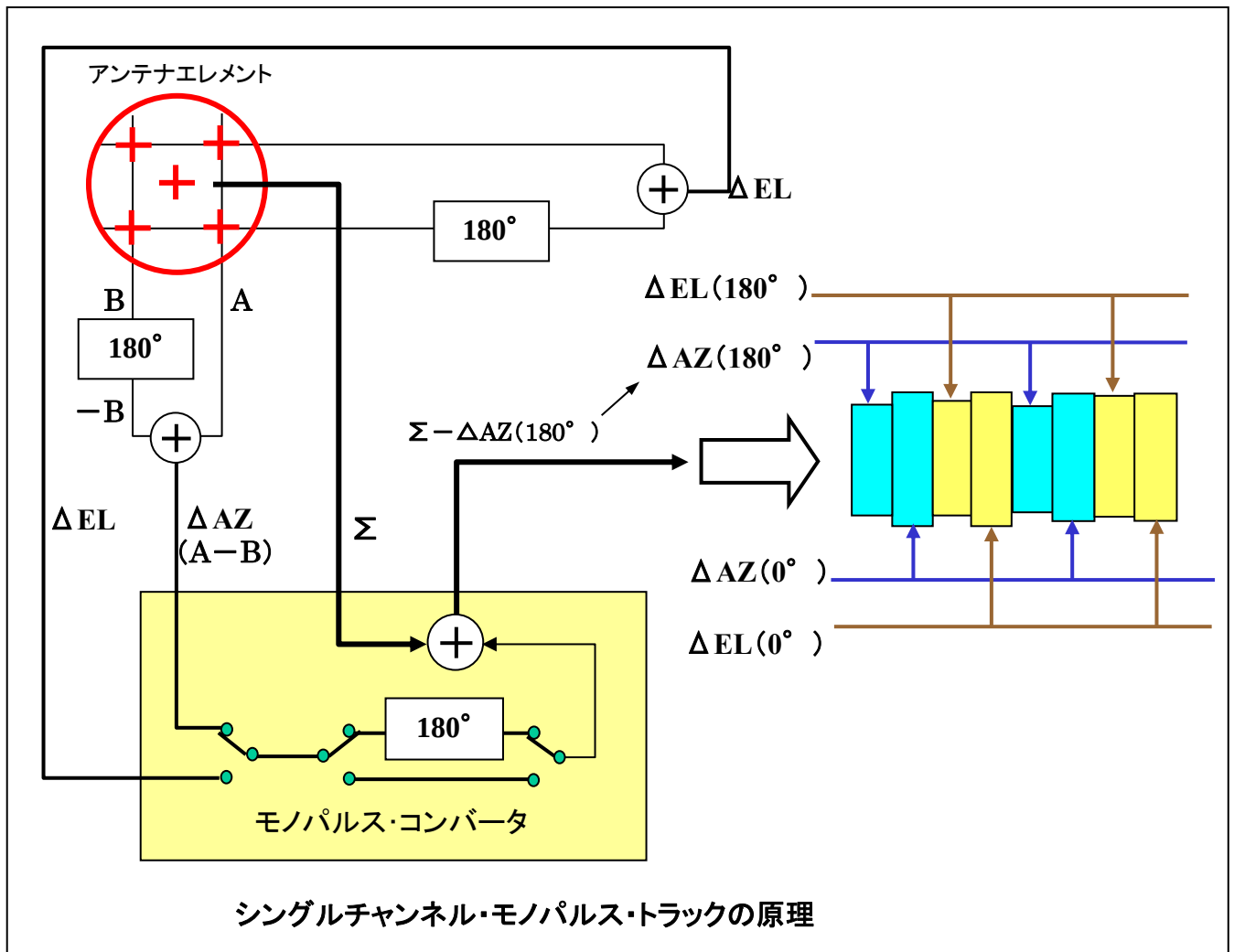
モノパルス・コンバータの中にある 180° のボックスは、次の移送反転を意味する。

★ ($A-B$) = $\Delta AZ=0$ 、即ち、正確にターゲットを向いていれば、($\Sigma + \Delta AZ = \Sigma$) となる。

★ アンテナがターゲットからずれていると、($A-B$) = $\Delta AZ \neq 0$ になる。

従って、図に照らし合わせると、($\Sigma + \Delta AZ(0^\circ)$) $\neq$ ($\Sigma + \Delta AZ(180^\circ)$) $\neq \Sigma$ となり、 Σ の振幅に差が生じる。

★ これを、 $(\Sigma + \Delta AZ(0^\circ)) = (\Sigma + \Delta AZ(180^\circ)) = \Sigma$ となるように、アンテナをサーボ・ループで自動駆動する。



図のモノパルス・コンバータは、 ΔAZ と ΔEL を、時間分割でスイッチングさせることで、シングルラインで、受信処理できるように工夫されている。

即ち、受信機は 1 台でよい。

従って、この方式を『シングル・チャンネル・モノパルス・トラック』という。

この方式は、周回衛星やロケットなどの追尾に用いられる。

軌道が計算によって求めることができる周回衛星の場合には、コンピュータによるプログラムトラックが用いられるケースもある。